



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

Modelo de reconciliación para el mejoramiento de la estimación de los planes de minado a corto plazo

TESIS

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas

AUTOR

Hamlet MANDUJANO ADRIANZÉN

ASESOR

Mg. Enrique GUADALUPE GÓMEZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mandujano, H. (2021). *Modelo de reconciliación para el mejoramiento de la estimación de los planes de minado a corto plazo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	“—”
DNI o pasaporte del autor	45630128
Código ORCID del asesor	https://orcid.org/0000-0001-9583-8807
DNI o pasaporte del asesor	09191995
Grupo de investigación	“—”
Agencia financiadora	“—”
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Jangas-Huaraz-Ancash-Perú. S 9°27'30.78”. O 77°35'27.37”.
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2017-2019
Disciplinas OCDE	Geociencias, Multidisciplinar https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú - Decana de América)
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Av. Colonial cdra. 53 – Ciudad Universitaria
Central Telefónica: 619-7000 anexos: 1110 - 1111
Lima 1 – Perú

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

Vídeo conferencia Google Meet de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el viernes 26 de febrero del 2021, siendo las 11:03 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado.

Dr. JORGE ENRIQUE SOTO YEN
Mg. MARIANO PACHECO ORTÍZ
Dr. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN

Presidente
Presidente
Miembro

*Reunidos para el Acto Académico Público de la Sustentación de la TESIS de Don **HAMLET MANDUJANO ADRIANZÉN**, Bachiller en Ingeniería de Minas, quien sustentó la Tesis Titulada: “**Modelo de reconciliación para el mejoramiento de la estimación de los planes de minado a corto plazo**”, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de Minas.*

Los miembros del Jurado Calificador, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

APROBADO, SOBRESALIENTE

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue la nota de:

17 (Diecisiete)

*Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Miembro Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS**, a Don **HAMLET MANDUJANO ADRIANZÉN**.*

Siendo las 12:05 horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de Tesis.

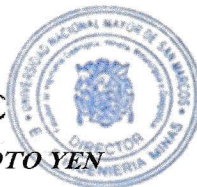
Ciudad Universitaria, 26 de febrero del 2021


Dr. JORGE ENRIQUE SOTO YEN
MIEMBRO PRESIDENTE


Mg. MARIANO PACHECO ORTÍZ
MIEMBRO


Dr. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN
MIEMBRO


Dr. JORGE ENRIQUE SOTO YEN
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



RECOMENDACIONES

Dr. Alfonso Alberto Romero Baylón realizo las siguientes Recomendaciones:

- 1.- Colocar la fuente que falta en algunos cuadros de su tesis
- 2.- Mencionar la selección y fórmula que aplica a la muestra.

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

ID: <https://meet.google.com/uxd-qkry-kqp>

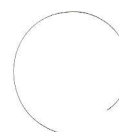
Grabación archivada en:

<https://drive.google.com/file/d/1l3nnvWJdEVPyIIHw t L3epadRfTxGkp/view>

NOTA OBTENIDA: 17 (*Diecisiete*)

PÚBLICO ASISTENTE: (Nombre, apellido y DNI)

1.- Emily Mandujano Adrianzén DNI: 43671864



AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros Mg. Enrique Guadalupe Gómez, Dr. Jorge Enrique Soto Yen, Mg. Mariano Pacheco Ortiz y Mg. Alfonso Alberto Romero Baylón catedráticos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta, soporte y correcciones acertadas en este trabajo de investigación.

A los ingenieros Octavio Humberto Dulanto Bejarano, Marvin Luciano Chauca Plejo, y Jorge Ronald Chapilliquen Valenzuela por brindarme los conocimientos técnicos y teóricos respecto a minería y geología lo cual me permitió desarrollar esta tesis.

Muchas gracias.

Hamlet Mandujano Adrianzén

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a mi familia, a mi madre Vilma por todo el soporte brindado, a mi padre Juan por instruirme en el ámbito de la investigación y a mis hermanos Emily y Anthony por su colaboración y apoyo en la gestión.

Gracias a todos.

INDICE

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1.	Situación problemática.....	16
1.2.	Formulación de problema.....	17
1.2.1.	Principal	17
1.2.2.	Específicos	17
1.3.	Justificación de la investigación.....	17
1.3.1.	Económica.....	17
1.3.2.	Técnica.....	18
1.4.	Objetivos de la investigación	19
1.4.1.	Objetivo General	19
1.4.2.	Objetivos específicos	19
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1.	Antecedentes	20
2.2.	Bases Teóricas.....	24
2.2.1.	Recursos y Reservas, Código JORC de Australia	24
2.2.2.	Estimación de Recurso y Reservas	28
2.2.3.	Control de Mineral o Grade Control	35
2.2.4.	Reconciliación.....	37
2.2.5.	Planificación Minera.....	43
3.	CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES	47
3.1.	Hipótesis general	47
3.2.	Hipótesis específica.....	47
3.3.	Identificación de variables	47
3.4.	Operacionalización de variables.....	47
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	49
4.1.	Tipo y diseño de investigación.....	49
4.2.	Unidad de análisis	49
4.3.	Población de estudio.....	50
4.4.	Tamaño de muestra	50
4.5.	Selección de muestra.....	50
4.6.	Técnica de recolección de datos	50
4.6.1.	Muestreo y logueo.....	50
4.6.2.	Análisis de laboratorio	51

4.6.3.	Actualización del modelo geológico de bloques	51
4.6.4.	Extracción del modelo de bloques	51
4.7.	Análisis e interpretación de la información.....	52
5.	CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	54
5.1.	Actividades previas al proceso de minado para la generación del modelo de Corto Plazo 54	
5.1.1.	Diseño de Malla de perforación.....	54
5.1.2.	Perforación de los puntos diseñados	57
5.1.3.	Análisis de laboratorio	62
5.1.4.	Actualización de modelo geológico.....	62
5.1.5.	Interpolación de leyes del modelo de bloques	70
5.2.	Actividades para cuantificar y controlar el mineral del modelo de corto plazo para asegurar su correcto minado	73
5.2.1.	Creación de polígonos.....	73
5.2.2.	Controles de minado	76
5.2.3.	Compensación de polígonos	79
5.3.	Modelo de Reconciliación para medir, controlar y gestionar el proceso de minado	83
5.3.1.	Actualización del modelo de corto plazo.....	83
5.3.2.	Modelo de largo plazo – análisis	85
5.3.3.	Modelo de corto plazo – análisis	89
5.3.4.	D.O.M – análisis	97
5.3.5.	Contaminación o Clay.....	102
5.3.6.	Análisis comparativo de modelos	103
5.3.7.	Reconciliación Modelo de Corto Plazo con polígonos (CP) vs CP c/p (sin polígonos) vs DOM vs Largo Plazo (LP)	109
5.3.8.	Reconciliación Global.....	113
5.3.9.	Eficiencia y calidad de los modelos.....	117
5.4.	Cálculo de factores de reconciliación y variación en el ajuste de los modelos.....	121
5.4.1.	Cálculo de reservas por sectores de mina	122
5.4.2.	Cálculo de factores de reconciliación	126
5.4.3.	Reservas con ajuste de factores y Geología de los sectores.....	128
5.5.	Parámetros estadísticos de los modelos de bloques para asegurar la aplicación de los factores de reconciliación	137
5.5.1.	Parámetros estadísticos para el Sector 1	137
5.5.2.	Parámetros estadísticos para el Sector 2	145

5.5.3.	Parámetros estadísticos para el Sector 3	151
5.5.4.	Resumen y análisis de parámetros estadísticos para el Sector Global	158
5.6.	Plan de Minado a Corto Plazo usando factores de Reconciliación	168
5.6.1.	Cálculo de reservas	168
5.6.2.	Dimensionamiento de equipos: flota mayor	178
5.6.3.	Depósito de desmonte y Celdas de apilamiento	187
5.6.4.	Modelo de Reconciliación del Plan de Minado	192
6.	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	198
7.	CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	200
8.	CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201
9.	ANEXOS	204

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables que afectan la confianza de los resultados en la reconciliación	39
Tabla 2 Operacionalización de las variables.....	48
Tabla 3 Parámetros de diseño según durezas.....	55
Tabla 4 Leyes de laboratorio por taladro de producción	62
Tabla 5 Alteraciones geológicas	65
Tabla 6 Dureza por tipo de alteración.....	67
Tabla 7 Porcentaje de finos.....	68
Tabla 8 Posición de roca	69
Tabla 9 Compensación de polígonos minados.....	81
Tabla 10 Leyes totales y tipo de mineralización.....	83
Tabla 11 Reporte de reservas de largo plazo	88
Tabla 12 Reporte de reservas de corto plazo sin polígonos	90
Tabla 13 Comparación de métodos de cálculo	96
Tabla 14 Reporte de reservas de polígonos	97
Tabla 15 Tabla de polígonos compensados	102
Tabla 16 Mineral declarado por mina.....	103
Tabla 17 Corto Plazo sin polígonos	105
Tabla 18 Corto Plazo con polígonos	106
Tabla 19 Modelo de largo plazo	107
Tabla 20 Resumen de análisis por modelo.....	108
Tabla 21 Reporte de reconciliación, comparación entre modelos	111
Tabla 22 Resumen de reconciliación por bancos.....	112
Tabla 23 Promedio móvil de tres meses	114
Tabla 24 Porcentaje de eficiencia de modelos	117
Tabla 25 Reservas del mes 1 del sector 1 (modelo de largo plazo)	123
Tabla 26 Reservas del mes 1 del sector 1 (modelo de corto plazo)	124
Tabla 27 Sector 3 Corto Plazo vs Largo Plazo	125
Tabla 28 Porcentaje de variación entre modelos (toneladas, ley y onzas) Sector 3	125
Tabla 29 Porcentajes de variación de minado consecutivos	126
Tabla 30 Tabla de factores de reconciliación Sector 3	127
Tabla 31 Tabla de factores de reconciliación Global.....	128
Tabla 32 Aplicación de factores de reconciliación	129
Tabla 33 Aplicación de factores de reconciliación para sector 1.....	131
Tabla 34 Resumen de modelos LP, CP y LPF	132
Tabla 35 Resumen de modelos por bancos (onzas) del Sector Global	135
Tabla 36 Variación global del sector 1 sin factores	138
Tabla 37 Coeficiente de correlación en sector 1 sin factores (leyes).....	139
Tabla 38 Variación global del sector 1 con factores.....	141
Tabla 39 Cálculo de coeficiente de correlación en sector 1 con factores (leyes)	142
Tabla 40 Variación entre coeficientes de correlación en sector 1.....	144
Tabla 41 Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 1.....	144
Tabla 42 Variación global del sector 2 sin factores (Onzas por banco)	145
Tabla 43 Cálculo de coeficiente de correlación en sector 2 sin factores (onzas).....	146
Tabla 44 Variación global del sector 2 con factores y por bancos	148

Tabla 45	Cálculo de coeficiente de correlación en sector 2 con factores (leyes)	149
Tabla 46	Variación entre coeficientes de correlación en sector 2.....	151
Tabla 47	Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 2.....	151
Tabla 48	Variación global del sector 3 sin factores y por bancos.....	152
Tabla 49	Cálculo de coeficiente de correlación en sector 3 sin factores	153
Tabla 50	Variación global del sector 3 con factores y variación por bancos.....	155
Tabla 51	Cálculo de coeficiente de correlación en sector 3 con factores	155
Tabla 52	Variación entre coeficientes de correlación en sector 3.....	157
Tabla 53	Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 3.....	157
Tabla 54	Variación global de los sectores sin factores por bancos.....	159
Tabla 55	Cálculo de coeficiente de correlación en sector global sin factores	160
Tabla 56	Variación global de los sectores con factores y variación por bancos.....	163
Tabla 57	Cálculos de coeficiente de correlación en sector global con factores.....	165
Tabla 58	Variación entre coeficientes de correlación en sector global.....	167
Tabla 59	Variaciones entre modelos con y sin factores Sector Global.....	167
Tabla 60	Tonelaje de mineral, desmonte y onzas por semanas	175
Tabla 61	Uso de factores de reconciliación en Modelo de Largo Plazo.....	177
Tabla 62	Parámetros para cálculo de horas de equipos de carguío.....	178
Tabla 63	Equipos físicos y proyectados.....	179
Tabla 64	Cálculo de horas de equipos de carguío.....	179
Tabla 65	Distancias y tonelajes de acuerdo a los destinos de acarreo	180
Tabla 66	Requerimientos para equipo de acarreo	183
Tabla 67	Cálculo de e equipo de acarreo	184
Tabla 68	Cálculo de Equipos de Perforación.....	185
Tabla 69	Cálculo de muestras por semana.....	186
Tabla 70	Reconciliación de modelos	192
Tabla 71	Comparación porcentual de modelos.....	193
Tabla 72	Resumen por bancos de modelos teóricos y reporte real	194
Tabla 73	Resumen de variaciones porcentual respecto al Modelo de Corto Plazo	196

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recursos y Reservas Minerales.....	27
Figura 2 Estimación Global	28
Figura 3 Estimación local con bloque unitario	29
Figura 4 Agrupación de datos-Media Aritmética	29
Figura 5 Estimación local con poca información	30
Figura 6 Método de los polígonos	31
Figura 7 Clúster de polígonos.....	32
Figura 8 Método de inverso a la distancia	33
Figura 9 Búsqueda octogonal	34
Figura 10 Esquema de un sistema de reconciliación	38
Figura 11 Proceso de reconciliación y análisis de problemas clave	39
Figura 12 Errores asociados con una estimación de Recursos	41
Figura 13 Elementos del sistema de control de calidad.....	42
Figura 14 Diseño de malla	55
Figura 15 Plataforma de perforación nivelada.....	56
Figura 16 Malla puesta en campo de acuerdo a diseño	56
Figura 17 Generación de taladros de producción	57
Figura 18 Cono de perforación representativo	58
Figura 19 Grafica de muestreo de un cono	59
Figura 20 Diseminación de finos en la perforación	59
Figura 21 Porcentaje de ley en finos.....	60
Figura 22 Distribución de Ley de Au por tipo de material.....	61
Figura 23 Bloques de largo plazo y contornos geológicos	63
Figura 24 Codificación del modelo geológico a partir de contornos.....	63
Figura 25 Codificación por nivel	64
Figura 26 Bloques de corto plazo y contornos geológicos	64
Figura 27 Contornos de alteración en bloques.....	66
Figura 28 Contornos de dureza en bloques.....	67
Figura 29 Contornos de porcentaje de finos en bloques	68
Figura 30 Contornos por posición de roca.....	69
Figura 31 Modelos de bloques de largo plazo – ley Au (g/t)	71
Figura 32 Modelos de bloques de corto plazo – ley Au (g/t)	72
Figura 33 Parámetros de interpolación (multirun).....	72
Figura 34 Polígonos basados en bloques económicos	73
Figura 35 Ángulo mínimo de creación de polígono	75
Figura 36 Dilución en polígonos por taladros contaminados	75
Figura 37 Demarcación de polígonos en campo.....	76
Figura 38 Control de crestas de minado	77
Figura 39 Control topográfico de pisos de minado.....	77
Figura 40 Levantamiento topográfico de los avances de minado.....	78
Figura 41 Control de minado a través del Dispatch.....	79
Figura 42 Control volumétrico de polígonos	80
Figura 43 Diferencia volumétrica de áreas de minados.....	82
Figura 44 Compensación de polígonos similares características.....	82

Figura 45 Banco con leyes completas en los taladros	84
Figura 46 Topografía inicio de mes	85
Figura 47 Topografía fin de mes.....	86
Figura 48 Volumen de minado – solido.....	86
Figura 49 Archivo de salida y sólido reservas	87
Figura 50 Polígonos de mineral diseñados en zona minada	91
Figura 51 Sólido de polígonos para análisis de reservas	91
Figura 52 Polígonos minados en rampa.....	92
Figura 53 Óptimo volumen minado de polígonos en zona de rampa	93
Figura 54 Volumen minado Polígono 1 (602.7 m3).....	93
Figura 55 Volumen minado Polígono 2 (978.7 m3).....	94
Figura 56 Porción de polígono minado.....	94
Figura 57 Volumen polígono 1 (371 m3) calculado en 2D por altura.....	95
Figura 58 Volumen polígono 2 (1,067.7 m3) calculado en 2D por altura.....	95
Figura 59 Vista de los dos métodos de calculo.....	96
Figura 60 Porcentaje de mineral minado	98
Figura 61 Cálculo de volumen total de diseño de polígono	99
Figura 62 Mal diseño de polígonos.....	100
Figura 63 Derrame de mineral de polígonos	101
Figura 64 Tres meses móviles para el tonelaje minado	115
Figura 65 Tres meses móviles para la ley de Au minada	116
Figura 66 Tres meses móviles para onzas de Au minada	116
Figura 67 Eficiencia de los modelos.....	118
Figura 68 Calidad del diseño de polígonos de producción.....	119
Figura 69 Minado de polígonos	120
Figura 71 Factor global de reconciliación	121
Figura 71 Sectores minados analizados	122
Figura 72 Vista del sector 1	130
Figura 73 Vista del sector 2	133
Figura 75 Vista del sector 3	134
Figura 75 Vista global de los sectores por niveles.....	136
Figura 76 Grafica de dispersión: LP y CP del sector 1 sin factores	141
Figura 77 Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 1 con factores	143
Figura 78 Grafica de dispersión: LP y CP del sector 2 con factores	147
Figura 79 Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 2 con factores	150
Figura 80 Grafica de dispersión: LP y CP del sector 3 sin factores	154
Figura 81 Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 3 con factores	156
Figura 82 Grafica de dispersión: LP y CP del sector global sin factores	162
Figura 83 Grafica de dispersión: Largo Plazo y Corto Plazo del sector global con factores	166
Figura 84 Cortes de Minado Semana 1.....	169
Figura 85 Cortes de Minado Semana 1 y trabajos adicionales	170
Figura 86 Cortes de Minado Semana 2.....	171
Figura 87 Cortes de Minado Semana 2 y trabajos adicionales	172
Figura 88 Cortes de Minado Semana 3.....	172
Figura 89 Cortes de Minado Semana 3 y trabajos adicionales	173
Figura 90 Cortes de Minado Semana 4.....	174

Figura 91 Cortes de Minado Semana 4 y trabajos adicionales	174
Figura 92 Rutas por tipo de material-Semana 1	181
Figura 93 Rutas por tipo de material-Semana 2	181
Figura 94 Rutas por tipo de material-Semana 3	182
Figura 95 Rutas por tipo de material-Semana 4	182
Figura 96 Botadero para Semana 1	187
Figura 97 Botadero para Semana 2.....	188
Figura 98 Botadero para Semana 3.....	188
Figura 99 Botadero para Semana 4.....	189
Figura 100 Celda de apilamiento para Semana 1	190
Figura 101 Celda de apilamiento para Semana 2	190
Figura 102 Celda de apilamiento para Semana 3	191
Figura 103 Celda de apilamiento para Semana 4	191

RESUMEN

El problema era que la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo se vio restringida por modelos de largo plazo y en muchos casos ocasionaron una sobre o subestimación de reservas, esto reflejó un incumplimiento de objetivos, para lo cual se usó la metodología de tipo cuantitativa, no experimental y se empleó el análisis estadístico para formular un modelo de reconciliación que brindó factores de ajuste para las reservas. Siendo los resultados una variación máxima en el tonelaje de polígonos minados de 5% para la cuantificación y control del mineral, más del 10% de variación entre modelos de largo y corto plazo, así como el mineral declarado por mina, indica baja eficiencia de estimación y operatividad. Se evidenció una mayor efectividad con el uso de los factores de reconciliación, encontrando una mejora de 7% para la estimación de tonelaje y 3% para la ley de Au; donde el modelo de reconciliación fue lo más resaltante para el mejoramiento en la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo.

Palabras clave: Factores de reconciliación, modelo de bloques, plan de minado.

SUMARY

The problem was that short-term mining plans reserve estimation was restricted by long-term models and in many cases, it caused an over or underestimation of reserves, this is reflected in the non-fulfillment of planned objectives, for which the quantitative methodology, non-experimental type and statistical analysis were used to formulate a reconciliation model that provided adjustment factors for reserves. The results were a maximum variation in the tonnage of mined polygons of 5% for the quantification and mineral control, more than 10% variation between long and short-term models, as well as the mineral declared by mine, indicates low estimation efficiency and mining operation problems. Greater effectiveness was evidenced with reconciliation factors use, finding an improvement of 7% in estimated tonnage and 3% in Au grade, where the reconciliation model was the most outstanding for the improvement in the short-term mining plans reserve estimation.

Keywords: Reconciliation factors, block model, mining plan.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La reconciliación minera es una actividad que tiene una gran importancia para medir, controlar y gestionar el proceso de minado, así mismo, permite realizar predicciones del comportamiento de la mineralización, mejorando la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo. Esto se ve favorecido cuando se tiene zonas donde el modelo de largo plazo posee mucho sesgo (Noppé, 2004)

Dentro del proceso constructivo y operacional de una mina no bastará con determinar una sola fase de minado, esta se verá influenciada por factores que alterarán las condiciones iniciales planeadas, de esta manera se generará sub fases dinámicas, por ende, modificará la geometría inicial planteada para el minado, por tal motivo se requiere una planificación de continua que mejore la predicción de las reservas a extraer.

El estudio pretende dar a conocer las herramientas necesarias cuya finalidad es de generar un modelo de reconciliación para mejorar la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo, esto debido a que muchas veces se encuentra falencias en los datos reportado por el modelo de bloques a largo, ya sea por falta de información geológica o un inadecuado método de cálculo geoestadístico. Para este estudio se considera una muestra comprendida por 117,494 bloques de los modelos de corto y largo plazo.

Para llevar a cabo el estudio, tiene la finalidad de responder a la interrogante de ¿Qué modelo de reconciliación se usará para mejorar la estimación de las reservas para los planes de minado a corto plazo? se efectúan precisiones teórico - conceptuales de reconciliación minera, planeamiento de minado y conceptos que permitan comprender los fenómenos estadísticos que describen el comportamiento de las zonas geológicas (Control de mineral). Además de resaltar investigaciones previas a este estudio que sirvieron como bases para su elaboración. Se plantea

como hipótesis que con un modelo de reconciliación lograremos mejorar la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo, determinándose como variables estudio al modelo de reconciliación y a la estimación de reservas para planes de minado a corto plazo. La metodología usada fue de tipo cuantitativa y se empleó el análisis estadístico como característica resaltante. Se expondrá de manera secuencial las actividades que se requieren realizar para formular un correcto modelo de corto plazo (desde el diseño de la malla de perforación hasta la compensación de polígonos) para cuantificar y controlar el minado así evitar acumulación de errores en el proceso. Además, de determinar el modelo y los factores de reconciliación de acuerdo a zonas geológicas minadas, considerando un análisis estadístico de correlación, determinando el coeficiente de Pearson que define la aplicabilidad de los factores de reconciliación en la estimación de reservas para los nuevos planes de minado a corto plazo. En esta tesis no se llevará a cabo el detalle del proceso geoestadístico del cálculo de reservas ni se detalla la actividad de diseño de malla de perforación y se presentará un plan de minado ejemplo básico para la aplicación de los factores de reconciliación.

La finalidad de este trabajo de investigación es poder dar a conocer que existen herramientas las cuales pueden generar mayor valor agregado al proceso de planificación y no solo quedarnos con información previamente calculada, esto debido a que surgen nuevas condiciones operativas, donde es viable analizar cada operación como un comportamiento independiente y singular, de esta manera se conocerá más a detalle la realidad en la cual se trabaja y se podrá planificar con mayor seguridad las labores a realizar en nuestra operación.

1.1. Situación problemática

Las preguntas más frecuentes en minería se basan en la estimación de los recursos geológicos, que en etapa de estudio cuantifican la cantidad de reservas y determina el potencial económico del yacimiento; toda planificación y estimaciones de reservas a corto plazo se verá restringida por la información de modelos de estimación a largo plazo, la cual en muchos casos, de acuerdo al método geoestadístico usado para su elaboración, puede tener sesgos; ocasionando una sobre o subestimación de las reservas; llegando a poseer información que no sea representativa de lo real a minar. Este problema se verá reflejado directamente en el incumplimiento de los objetivos planificados.

El validar la estimación de reservas y proporcionar los indicadores claves del rendimiento para el control del minado a corto plazo permiten un mejor desempeño de las actividades dentro del proceso de minado, indicando con el menor rango de error la cantidad de mineral a extraer, lo que lleva a planificar con mayor detalle las actividades necesarias para el proceso y destinar los recursos necesarios para la extracción del mineral.

Un inadecuado cálculo de reservas genera desviaciones no solo en la producción del metal, sino que implica una mala planificación de las actividades que están vinculadas al proceso productivo como el mantenimiento de los equipos, distribución del personal, etc.; generando pérdidas o gastos innecesarios a la empresa. El problema surge cuando se debe de realizar modificaciones y/o expansiones de las operaciones, implicando nuevos requerimientos. En consecuencia, la planificación inicial se verá afectada y se tendrá que realizar una nueva y correcta planificación del minado, por tal motivo se requiere una forma rápida, eficaz y efectiva de cuantificar esta incertidumbre en la estimación de reservas para las nuevas condiciones de trabajo en el minado a corto plazo.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Principal

¿Qué modelo de reconciliación se usará para mejorar la estimación de las reservas para los planes de minado a corto plazo?

1.2.2. Específicos

- ¿Qué actividades previas al proceso de minado permitirán generar un adecuado modelo de bloques de corto plazo?
- ¿Qué actividades permitirán cuantificar y controlar el mineral del modelo de corto plazo para asegurar su correcto minado?
- ¿Cómo generar un adecuado modelo de reconciliación para medir, controlar y gestionar el proceso de minado?
- ¿Qué factores de reconciliación se deberían implementar para optimizar el cálculo de reservas a corto plazo?
- ¿Qué parámetros estadísticos de los modelos de bloques de corto y largo plazo permitirán la aplicación de los factores de reconciliación en las estimaciones de reservas a corto plazo?
- ¿Cómo realizar un adecuado plan de minado a corto plazo usando factores de reconciliación de acuerdo con las necesidades de minado?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Económica

Con un correcto cálculo de reservas en los planes de minado a corto plazo se distribuiría de forma efectiva los recursos de acuerdo a las zonas con mayor beneficio económico y se minará solo zonas de material estéril para el desarrollo en el tajo cuando sea factible y necesario, permitiendo realizar un mejor ajuste en el presupuesto del plan.

Mantener un stripping rate (relación de desmonte / mineral) adecuado que vaya de la mano con los objetivos del plan de minado y obtener mineral continuo para el proceso. La falta de mineral no solo significa pérdida de onzas, sino que afecta al sistema completo como el chancado primario y secundario, donde tenemos costo de máquina operativa esperando a la reactivación (stand by) de envío de mineral, esto genera un mayor costo por tonelada procesada disminuyendo el throughput (toneladas de mineral procesado por hora) planeado. Además, el incremento de desmonte por mala predicción de mineral, genera saturación en las áreas de apilamientos, dando como resultado la insuficiencia de áreas en los botaderos para el estéril.

La no certeza de obtención de mineral implica el movimiento de equipos de un frente a otro generando costos adicionales, como traslado de maquinaria y peor aún la espera (stand by) de estos, produciendo costos sin ser productivos, motivo por el cual se requiere ser capaz de predecir con mayor detalle las zonas mineralizadas para el cumplimiento del plan.

1.3.2. Técnica

Nos permite asegurar que el desempeño minero (disponibilidad, utilización de equipos, horas hombre, ingeniería, etc.), usando factores que permitan cuantificar con más detalle las reservas. Monitorear el desempeño por supervisores e ingenieros de las diversas etapas del proceso, de esta manera cumplir con los objetivos establecidos dentro del plan de minado.

Brindar información necesaria para generar planes más confiables y cuantificar con mayor certeza el mineral a extraer, ajustando los modelos teóricos en continua mejora.

Permite el mejor uso mecánico de la flota en general y realizar en común acuerdo entre áreas la planificación del mantenimiento preventivos y predictivos de equipos.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo General*

Generar un modelo de reconciliación para mejorar la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Planificar las actividades previas al proceso de minado que permitirán generar el modelo de corto plazo.
- Determinar las actividades para cuantificar y controlar el mineral del modelo de corto plazo para asegurar su correcto minado.
- Generar el mejor modelo de reconciliación para medir, controlar y gestionar el proceso de minado.
- Determinar los factores de reconciliación para optimizar el cálculo de reservas a corto plazo, cuantificando la variación en el ajuste de los modelos.
- Definir parámetros estadísticos de los modelos de corto y largo plazo que aseguren la aplicación de los factores de reconciliación en las nuevas estimaciones de reservas a corto plazo.
- Realizar un adecuado plan de minado a corto plazo usando factores de reconciliación de acuerdo con las necesidades de minado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Las investigaciones realizadas con relación al tema, en su mayoría, han tenido el objetivo de medir el desempeño de la operación a través de mediciones y parámetros estadísticos para caracterizar el comportamiento de cada modelo teórico durante el minado.

Gonzáles (2010) estudió la reconciliación para aumentar la exactitud de la planificación, medir el desempeño de la operación vs. Objetivos y entrega indicadores claves de desempeño. Mejorar el conocimiento sobre el yacimiento, Confirmando la precisión de la estimación de ley y tonelaje. Justificar mejores prácticas como el pronóstico del metal, planificación de minas, rendimiento de la planta de proceso y optimización global de los recursos y asegurar que la valoración de los activos es exacta. Explica problemas dentro de la estimación, muestreo, método minero, proceso y otros. La reconciliación no es contabilidad y debe ser parte del mejoramiento continuo, tal como, monitorear el desempeño, mejorar las estimaciones, uso de factores en futuras conversiones de recursos a reservas, ajustar el plan de kriging y asegurar que el desempeño minero sea adecuadamente considerado.

Gutiérrez et al. (2014) realizó logros importantes dentro de la implementación de un proceso corporativo de conciliación en dos operaciones subterráneas (Perú: Yacimiento Polimetálico y México: Yacimiento de alta ley en Ag y Au). Así como evaluar los problemas más comunes en los datos de entrada, salida e índices dentro de la conciliación. Bajo la idea de que “Usted no puede controlar lo que no se puede mejorar”, sacada del Control Operativo, que es muy aplicable a la conciliación en minera y en particular a todo lo relacionado a la data de entrada del muestreo para las estimaciones y las distintas mediciones. Entendimiento, cuantificación, controlar

e informar correctamente estos resultados, es una parte integral del monitoreo con éxito del rendimiento de las operaciones mineras.

Noppé (2004) investigó la reconciliación minera como la comparación del tonelaje estimado, la ley y el metal con las mediciones reales. Los objetivos son medir el desempeño de la operación, apoyar el cálculo del activo mineral, validar las estimaciones de recursos minerales y reservas de mineral, y proporcionar indicadores clave de rendimiento para el control a corto y largo plazo. En marcha, la conciliación regular y eficiente también debe resaltar las oportunidades de mejora y permitir un pronóstico proactivo a corto plazo al proporcionar calibraciones confiables a las críticas estimados. El concepto es el de "medir, controlar y mejorar". Muchas operaciones tienen un proceso de reconciliación, aunque la mayoría funciona en (o son solo confiable) a largo plazo, a menudo por el tiempo y el esfuerzo de recopilar e informar los datos de bases de datos dispares en múltiples áreas. El objetivo debe ser minimizar el manejo múltiple de los datos, con una plataforma de informes centralizada. Los operadores a menudo pasan por alto el efecto de "variación de volumen", es decir que cuanto mayor sea el tonelaje o el incremento de tiempo que se examina, menos variables serán los resultados.

Gutiérrez Panihuara (2016) en su tesis “Metodología de control de calidad de mineral en la producción de oro, aplicado en minería a tajo abierto - “yacimiento Jessica” compañía minera Aruntani - Puno – Perú” estudió que a partir de la identificación del centro de alteración hidrotermal (cerro Quimsachota) y comportamiento de las brechas se ha realizado un modelo geológico y metalogénico que permite definir la mineralización epitermal en el área del tajo Jessica y alrededores. Optimizar el proceso de control de calidad del mineral de la producción, llevando un correcto control de leyes y mitigando la dilución y demostrar con resultados las mejoras del proceso con la reconciliación del Modelo de Bloques y la Producción de Minado de tal forma que

los efectos sean beneficiosos para nuestro objetivo que es el cumplimiento de la producción de oro en la UM. En el proceso de Control de Calidad el monitoreo continuo que realiza el geólogo sobre los materiales donde se efectúa el proceso de minado es de gran importancia, pues es de obligación caracterizar los materiales de manera correcta y oportuna a fin de que sean enviados a los destinos que correspondan.

Herrera y Mayorga (2020) investigaron que en toda operación minera es necesario un sistema de reconciliación, el cual permita medir el desempeño de los procesos involucrados en la obtención del producto final, desde los modelos de reservas-recursos, pasando por el diseño de mina, planeamiento de minado, producción minera, hasta culminar en el proceso metalúrgico. Es mediante la relación entre el mineral recibido (mineral molido) con el mineral enviado a molienda (modelo corto plazo), que resultarán factores de reconciliación para tonelaje, ley y metal. Posteriormente, serán evaluados en un periodo de tiempo mensual, trimestral y/o anual, y servirán de ayuda para afinar los procesos y subprocesos del modelo de corto plazo, así como el proceso de minado y el proceso metalúrgico. Los resultados se verán reflejados en la reducción de las diferencias de los factores de reconciliación para el tonelaje, ley y metal, esta reducción debe ser soportada en el tiempo; es decir, un sistema de reconciliación minera debe ser parte de la mejora continua en toda la cadena de valor del proceso minero.

Medrano Raymundo (2011) en su informe de suficiencia profesional “Metodología de estimación de recursos minerales y reconciliación de reservas de la veta Jimena en el sector norte del Batolito de Pataz” describe la geología general y aspectos estructurales del Batolito de Pataz y en detalle la metodología empleada en determinar los recursos minerales de la veta Jimena en un ambiente tridimensional empleando el software Vulcan. La veta Jimena está emplazada en el sector norte del Batolito de Pataz, la orientación es variable por la complejidad estructural y el

buzamiento va desde la horizontal hasta los 30° NE, la alteración típica es la fílica y con bordura propilítica, la litología predominante es granodiorita, adamelita y monzogranito. La metodología del proceso de estimación de recursos minerales se basa inicialmente en migrar al software Vulcan la información de la base de datos de muestreo, labores mineras en 3D, sondajes de perforación diamantina, cartografiado geológico de labores mineras y en base a esta información realizar el modelo geométrico de vetas y fallas en 3D, posteriormente determinar la distribución de la mineralización de oro, compositos, modelo de bloques, estimación y clasificación de recursos minerales. El reporte final de estimación de recursos minerales sirve de soporte al planeamiento de minado.

Ccama Hanco (2017) en su tesis titulada “Aplicación del QAQC en el Proceso Geológico, para validar la Estimación de Recursos y Reservas, de la Unidad Operativa Chungar”, tiene el objetivo de aplicar el control y aseguramiento de la calidad en cada una de las etapas del proceso geológico. A raíz del escándalo de Bre-X en 1997, que generó una crisis económica en todo el mundo, es que se crean códigos y normas internacionales, como NI-43-103 del Canadá, el JORC (“Joint Ore Reserves Committee”) de Australasia, SEC de Estados Unidos, el UNFC (“United Nations Framework Classifications for Resources/Reserves”), entre otros con los cuales se dan parámetros para garantizar la calidad de la información. Asegurar que los resultados del muestreo sean de alta calidad y confiabilidad y en última instancia garantizar que los datos generados sean de naturaleza y estándares tales que permitan su utilización en estimaciones de recursos y reservas, control de leyes, reconciliaciones, a través de la excelencia operativa. La calidad de estimación de recursos y reservas, depende de factores geológicos, muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, factores de densidad, el control y aseguramiento de la calidad del proceso geológico, registro de datos, validación de datos y métodos de

procesamiento de datos, entonces el control y aseguramiento de la calidad, nos ayuda a verificar y a optimizar la calidad de información, de esta manera se evita sobreestimar los recursos.

Alvarado Herrada (2007) en el informe de experiencia profesional detalló el control de mineral que se realiza en Minera Yanacocha. Se trató de dar un enfoque global de lo que realiza Minera Yanacocha desde las exploraciones, la geología, las operaciones de producción y hasta el cierre de mina inclusive; se demuestra que siendo la fuente de su iniciación la producción de oro, ésta va de la mano con un correcto manejo ambiental. Responsabilidad social dentro de la empresa con un consciente manejo de los recursos humanos y finalmente con respecto a la prevención de pérdidas previniendo y evitando tener pérdidas personales, materiales y de daño al ambiente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Recursos y Reservas, Código JORC de Australia

2.2.1.1. Recursos, Código JORC de Australia.

Un “**Recurso Mineral**” es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimientos específicos geológicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

Un “**Recurso Mineral Inferido**” es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de

localizaciones como ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta. Un Recurso Mineral Inferido tiene un nivel más bajo de confianza que el que se aplica a un Recurso Mineral Indicado.

Un “***Recurso Mineral Indicado***” es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Un Recurso Mineral Indicado tiene un nivel de confianza menor que el que se aplica a un Recurso Mineral Medido, pero tiene un nivel de confianza mayor que el que se aplica a un Recurso Mineral Inferido.

Un “***Recurso Mineral Medido***” es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de ley. (Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)”, 2001, pp 9-12)

2.2.1.2. Reservas, Código JORC de Australia.

Una “***Reserva Minerales***” es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que

pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales.

Una ***“Reserva Probable Mineral”*** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de y modificación por factores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Una Reserva Probable de Mineral tiene un nivel más bajo de confianza que una Reserva Probada de Mineral.

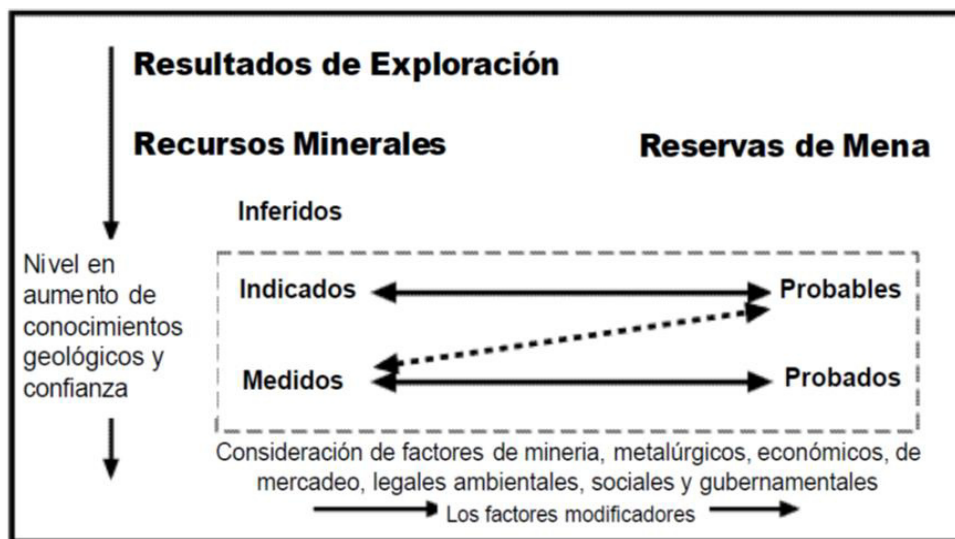
Una ***“Reserva Probada Mineral”*** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen consideración de modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

La Figura 1 indica el marco para clasificar estimaciones de tonelaje y leyes con el fin de reflejar niveles diferentes de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica.

En ciertas situaciones, Recursos Minerales Medidos podrían convertirse a Reservas Probables de Mineral debido a incertidumbres relacionadas con factores de modificación que se toman en cuenta en la conversión de Recursos Minerales a Reservas de Mena. Esta relación muestra la flecha quebrada en la Figura 1 (aunque la tendencia de la flecha quebrada incluye un componente vertical, en este caso no implica una reducción en el nivel de conocimiento geológico o confianza). (Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)”, 2001, pp 13-16)

Figura 1

Recursos y Reservas Minerales



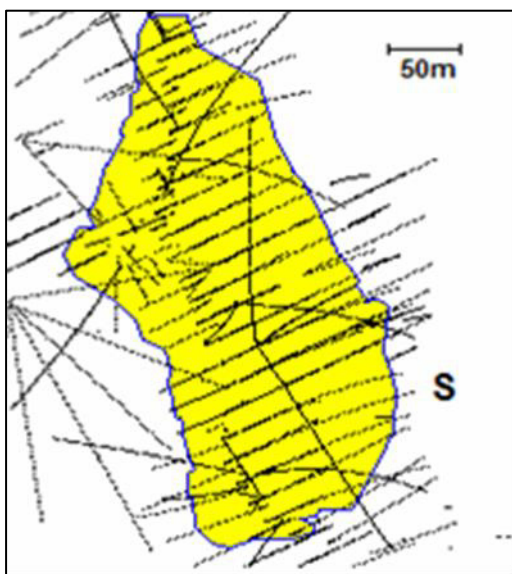
Fuente: Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia(JORC)”, (2001).

2.2.2. Estimación de Recurso y Reservas

La **Estimación global** se basa en estimar la ley media y el tonelaje de todo o de una zona grande S yacimiento dentro del depósito o yacimiento, tal como podemos ver en la Figura2 (Alfaro Sironvalle, 2007).

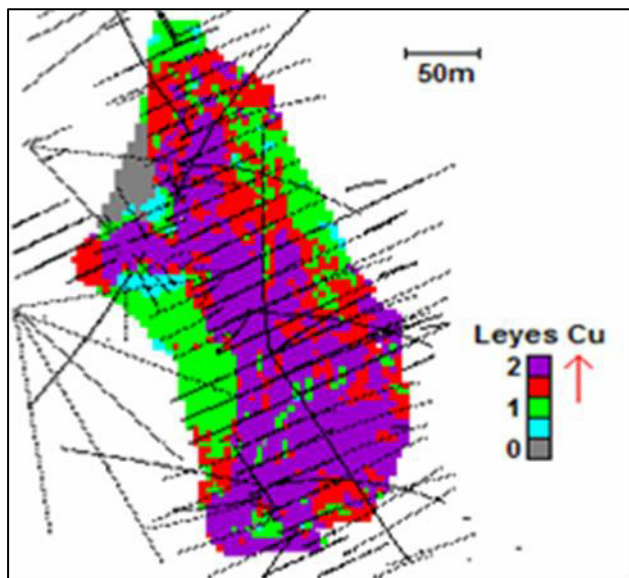
Figura 2

Estimación Global

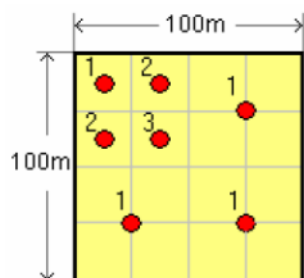


Fuente: Alfaro Sironvalle, (2007).

Estimación local, se estima la ley media de unidades o bloques dentro del área S, como podemos ver en la Figura 3, con el fin de localizar las zonas de alta y baja ley dentro de esta zona S (Alfaro Sironvalle, 2007).

Figura 3*Estimación local con bloque unitario**Fuente:* Alfaro Sironvalle, (2007).**2.2.2.1. Métodos de Estimación**

La media aritmética, el método de la media aritmética se basa en estimar la ley media de un conjunto de datos, donde se promedian las leyes de los datos que están dentro de un área (Alfaro Sironvalle, 2007). Ejemplo: Consideremos el caso en la figura 4 de un cuadrado con 7 muestras interiores:

Figura 4*Agrupación de datos-Media Aritmética**Fuente:* Alfaro Sironvalle, (2007).

La fórmula general es:

$$\hat{z}_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i$$

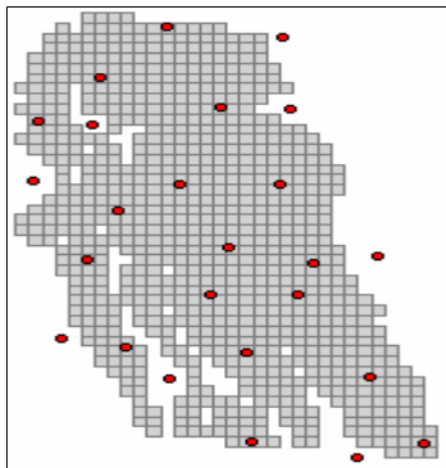
$$\hat{z}_s = \frac{1+1+3+2+2+1}{7} = \frac{11}{7} = 1.57$$

Características del método de la media aritmética:

- Todos los datos tienen el mismo peso $1/N$, donde N es el número de datos.
- Genera malos resultados cuando hay agrupaciones de datos. En el ejemplo de la figura 4 existe una agrupación de datos en la zona de alta ley: El valor 1.57 aparece como demasiado alto.
- No resulta adecuado en estimaciones locales porque quedan bloques sin información, tal como muestra la figura 5. En gris zona mineralizada y en rojo sondajes:

Figura 5

Estimación local con poca información

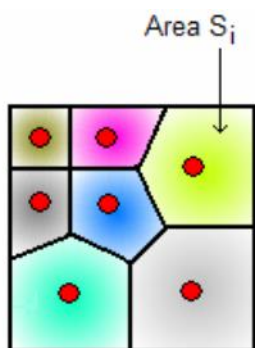


Fuente: Alfaro Sironvalle, (2007).

Los polígonos se basan en asignar a cada punto en el espacio la ley del dato más próximo. Para estimar una zona S se ponderan las leyes de los datos por el área (o volumen) de influencia S_i . Hay que calcular el área de los 7 polígonos tal como se muestra en la figura 6 (Alfaro Sironvalle, 2007).

Figura 6

Método de los polígonos



Fuente: Alfaro Sironvalle, (2007).

La fórmula general es:

$$\hat{z}_s = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N S_i Z_i \quad (S = S_1 + S_2 + \dots + S_N)$$

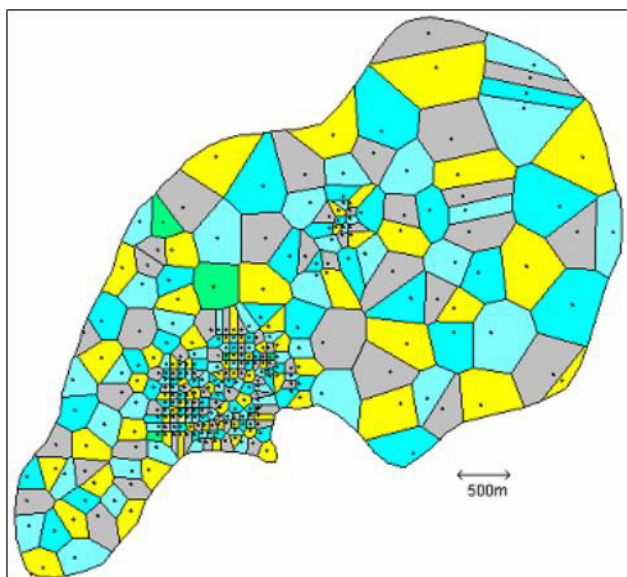
Comentarios:

- Complicado, requiere compás, regla y planímetro.
- El peso del dato z_i es S_i/S
- Funciona mejor con agrupaciones de datos que la media aritmética tal como se parecía en la Figura 7.
- Difícil de implementar en tres dimensiones.

- No es adecuado en estimaciones locales porque asigna la misma ley a todos los bloques que están dentro de un mismo polígono.

Figura 7

Clúster de polígonos

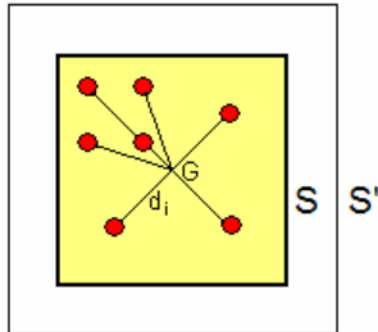


Fuente: Alfaro Sironvalle, (2007).

El método del inverso de la distancia, tiene como función principal asignar mayor peso a las muestras cercanas y menor peso a las muestras alejadas al área de influencia S tal como se aprecia en la Figura 8. Esto se consigue al ponderar las leyes por $1/d_i^\alpha$, ($\alpha = 1, 2, \dots$; d_i = distancia entre la muestra i y el centro de gravedad de S) (Alfaro Sironvalle, 2007).

Si $\alpha = 1$ se tiene el inverso de la distancia (ID).

Si $\alpha = 2$ se tiene el inverso del cuadrado de la distancia (ID2).

Figura 8*Método de inverso a la distancia**Fuente: Alfaro Sironvalle, (2007).*

Como ejemplo el caso anterior se obtienen las estimaciones siguientes:

$z_1 = 1.78$ (inverso de la distancia)

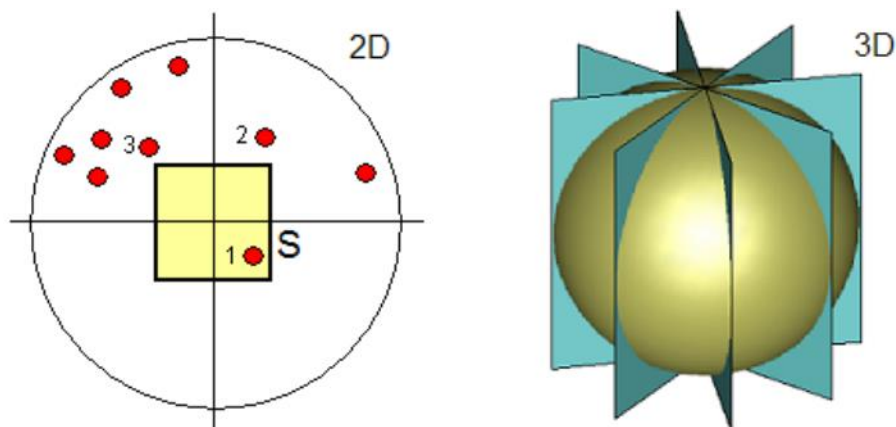
$z_2 = 2.06$ (inverso del cuadrado de la distancia)

La fórmula general es:

$$\hat{z}_S = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{z_i}{d_i^\alpha}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^\alpha}} \quad (\alpha > 0)$$

Comentarios respecto al inverso a la distancia:

Es simple y fácil de calcular, se adapta con mejor facilidad a las estimaciones locales que a las globales, tiene déficit de funcionamiento con agrupaciones de datos. Asigna demasiado peso a las muestras que se encuentran más cerca al centro de gravedad. En particular no está definido si $d_i = 0$ (muestra en el centroide de S), o toma en cuenta la forma ni el tamaño de S (en el ejemplo S' tiene la misma ley que S porque su centroide coincide con el de S). Para evitar el problema recurrente de las agrupaciones de datos, se utiliza una la técnica de búsqueda octogonal. Dentro de cada octante (a veces cuadrante) sólo se considera la muestra más cercana al centroide, tal como muestra la figura 9 (Alfaro Sironvalle, 2007).

Figura 9*Búsqueda octogonal**Fuente:* Alfaro Sironvalle, (2007).

El método Geoestadístico, en términos mineros, se define como la aplicación de la teoría de las variables regionalizadas a la estimación de los recursos mineros. Una variable regionalizada es una función que representa la variación espacial de una magnitud la cual se encuentra asociada a un fenómeno natural. En este método es necesario disponer de un modelo matemático que permita alcanzar los objetivos propuestos. La geoestadística se apoya en el uso de una interpretación probabilística de la variable regionalizada, mediante el modelo de las funciones aleatorias. Esta última es una función que asigna a cada punto del espacio un valor que depende del azar (es decir un valor aleatorio). Al hacer un experimento sobre la función aleatoria se obtiene una función ordinaria (no aleatoria) llamada realización de la función aleatoria. La principal hipótesis de la geoestadística consiste en afirmar que la variable regionalizada en estudio es la realización de una cierta función aleatoria. En otras palabras, equivale a decir que las leyes de nuestro yacimiento se generaron a partir de un proceso o experimento muy complejo (Alfaro Sironvalle, 2007).

2.2.3. *Control de Mineral o Grade Control*

En la operación minera se define Control de mineral u “Ore Control”, por sus traducciones del inglés, al conjunto de actividades que permiten realizar el seguimiento al cumplimiento correcto minado de los polígonos de mineral y desmonte evitando la contaminación y dilución, de esta manera garantizando su correcto destino. En el proceso de minado el área designada, usualmente el área de geología mina, realiza un control adecuado las leyes y características geológicas del material de los polígonos para obtener un resultado de acuerdo a lo requerido en el plan de minado con la finalidad de mantener la vida útil de la mina según lo planificado en el Budget (Gutiérrez Panihuara, 2016).

- **Polígonos de producción**

Durante el proceso de minado es necesario identificar qué material será enviado a planta y cuál no. Esta información debe ser enviada a los operadores de palas y camiones para que no existan errores o discrepancias durante el minado, a través de medios físicos y/o computacionales. Para poder cumplir con lo detallado, es necesario tener presente el concepto de polígonos de producción con el objetivo de identificar los sectores donde el cargador o pala cargará el mineral y en cuales cargará material estéril. El concepto de polígonos de producción resulta arbitrario debido a que el planificador de corto plazo los genera y/o diseña considerando que la ley media del polígono sea mayor a la ley de corte. Por operatividad de los equipos de carguío, no es posible generar una selectividad de un cien por ciento. Dada esta condición, los polígonos muchas veces incluirán material estéril en envoltentes de mineral o viceversa (De Nicola Perez, 2015).

- **Dilución Minera**

Se define comúnmente dilución a la mezcla o contaminación de material estéril con el mineral, esta actividad de minado afecta también llevando a procesar un material que no tiene el valor económico previsto, o bien se arroja al botadero, por consiguiente, se tiene una pérdida en el aprovechamiento de las reservas. El efecto de la dilución se verá reflejado en la disminución de la calidad del mineral y de la cantidad efectivamente minada y/o bajando las leyes del polígono extraído. La dilución se encuentra fuertemente vinculada a la capacidad de selectividad que poseen los equipos de carguío para limitar el contacto entre material estéril y mineral. El hecho de tener un porcentaje de dilución alta en nuestro minado no solo significa bajar la ley del mineral, sino que también está asociado un incremento en los costos de minado y de proceso, debido a que el envío de una tonelada de material estéril a la planta es más costoso que el envío de una tonelada de mineral (De Nicola Perez, 2015).

- **Muestreo y logueo de blastholes**

Es la parte más importante e inicial del proceso de control de mineral, base para el desarrollo de las actividades que abarca el minado. Los sondajes sirven para estimación de Recursos y Reservas tanto para modelos de largo como de corto plazo. Los datos obtenidos son irremplazables y únicos. Su valor sostiene todo tipo de análisis geológico, metalúrgico y/o minado. (Briceño, 2015)

Muestra, es una porción del objeto de estudio, es decir, pertenecen a parte del lote, generalmente obtenida respetando las reglas que la teoría de muestreo establece.

Muestreo, conjunto de trabajos o actividades que se realizan con el objetivo de determinar la calidad de la sustancia útil. El Muestreo es un proceso científico y selectivo en el orden de reducir las muestras con propósitos de interpretación.

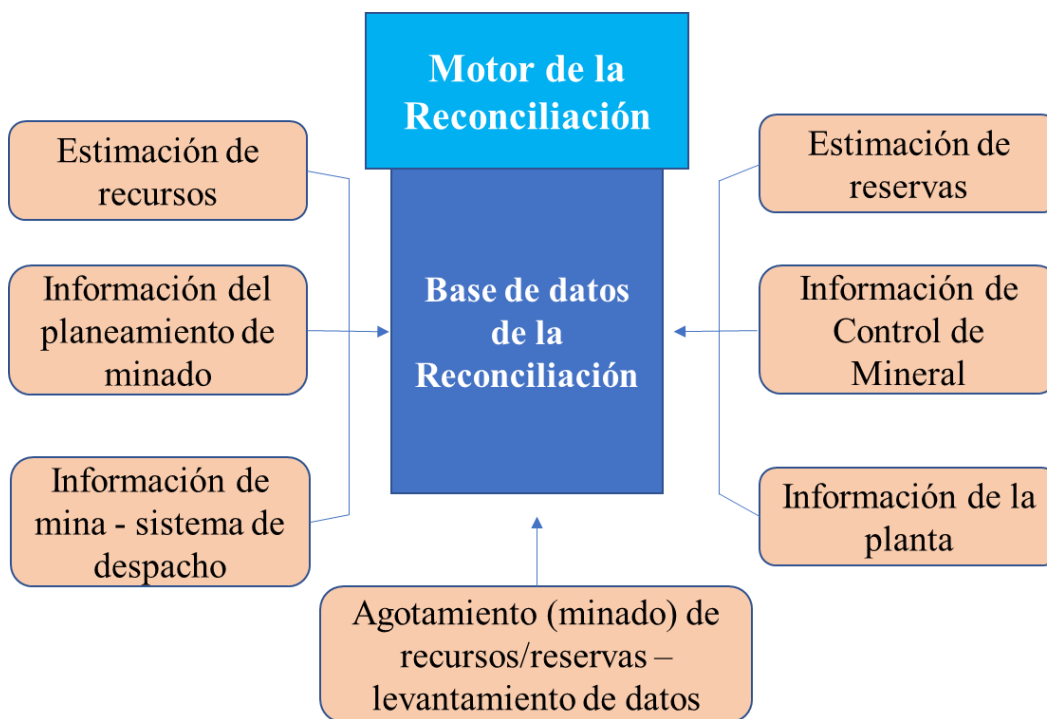
Población o lote, se refiere a todo el universo o conjunto de materia, cuya composición quiere estimarse (Gutiérrez Panihuara, 2016).

2.2.4. Reconciliación

Reconciliación minera es la comparación de toneladas estimadas, ley y metal con mediciones anuales. Los objetivos son medir el desempeño de la operación, apoyar en el cálculo del activo mineral, validar los recursos minerales y reservas estimadas de mineral, y brindar indicadores de desempeño claves para el control a corto y largo plazo. La reconciliación eficiente también debe resaltar las oportunidades de mejora y permitir un pronóstico proactivo a corto plazo al proporcionar calibraciones confiables para estimaciones críticas. El concepto es el de "medir, controlar y mejorar" (Morley, 2003).

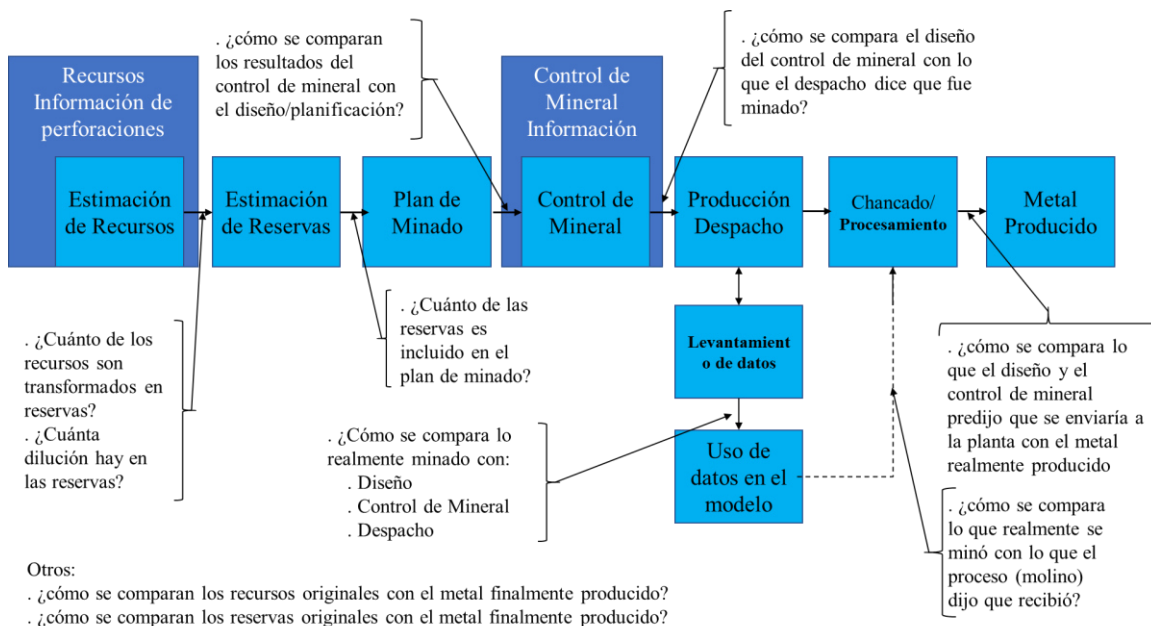
- **Significancia de la Reconciliación**

Muchas operaciones mineras poseen implementado un proceso de reconciliación, aunque la mayoría de estas funciona (o solo es confiable) a largo plazo, debido al tiempo y al esfuerzo de recopilar e informar los datos de las dispares bases de datos a través de diferentes áreas. Se debe minimizar el manejo múltiple de los datos, con una plataforma de informes unificada y centralizada, un ejemplo del cual se describe en la Figura 10. Los supervisores a menudo pasan por alto el efecto de 'variación de volumen', es decir, cuanto mayor sea el tonelaje o el incremento de tiempo examinado menos variable serán los resultados. El período de tiempo durante el cual se informa la reconciliación es importante para garantizar que los resultados sean significativos y tengan el nivel deseado de confianza asociada (Morley, 2003).

Figura 10*Esquema de un sistema de reconciliación*

Fuente: Adaptado de Ilustración esquemática de un sistema de reconciliación, de Morley, 2003.

Sin embargo, la utilidad de los datos de la reconciliación sigue dependiendo de la calidad y la fiabilidad de los datos de entrada, es decir, las estimaciones y las mediciones. Las estimaciones de recursos y reservas dependen de los datos de muestra subyacentes y de los procesos utilizados para generar las estimaciones de recursos y reservas (incluidas las estimaciones de control de leyes a corto plazo). Las mediciones del minado y procesamiento incluyen levantamientos topográficos, muestras en faja, analizadores en línea, medidores de peso y medidores de flujo. Estas mediciones tienen algún grado de error asociado o nivel de confianza. Los elementos clave de un proceso de reconciliación se resumen en la Figura 11, mientras que algunas de las variables que afectan la confiabilidad de los resultados de la reconciliación se presentan en la Tabla 1 (Morley, 2003).

Figura 11*Proceso de reconciliación y análisis de problemas clave*

Fuente: Adaptado de Proceso de reconciliación minera y temas claves para el análisis, de Morley, 2003.

Tabla 1*Variables que afectan la confianza de los resultados en la reconciliación*

<p>El modelo geológico provoca:</p> <p>Verdadero efecto pepita in situ.</p> <p>Errores de muestreo y submuestreo.</p> <p>Errores de análisis.</p> <p>Errores de estimación.</p> <p>Rechazo excesivo de los valores atípicos.</p> <p>Problemas de metodología en la estimación.</p> <p>Asunciones en densidad de mineral.</p> <p>Definición de los límites del mineral.</p>	<p>Minado provoca:</p> <p>Modelo de minado paralelo a la mineralización en tajo abierto.</p> <p>Desplazamiento de los límites de la mineralización.</p> <p>Sobre voladura.</p> <p>Inexactitudes en el levantamiento de la información.</p> <p>Inexactitudes en el envío de camiones.</p> <p>Pérdida de finos.</p> <p>Estimación de toneladas.</p> <p>Dilución.</p>
<p>El control de mineral causa:</p> <p>Efecto pepita in situ.</p> <p>Errores de muestreo y submuestreo.</p> <p>Errores de análisis.</p> <p>Taladros de producción paralelos a la mineralización.</p> <p>Problemas de metodología (Kriging o inverso a la distancia).</p> <p>El grado de contaminación del mineral.</p> <p>Inexactitudes en el levantamiento de la información.</p>	<p>El molino y la planta de flotación causan</p> <p>Retención del metal dentro del molino</p> <p>Inexactitud analítica.</p> <p>Ciclos de proceso desconocidos o mal entendidos.</p> <p>Calibración de balanzas y flujómetros.</p> <p>Deficiente submuestreo en laboratorio.</p> <p>Reconciliación calculada en un plazo demasiado corto.</p>

Fuente. Adaptado de ejemplo de variables que afectan la confianza de la reconciliación, de Pitard, 2001.

- **Información de la Muestra**

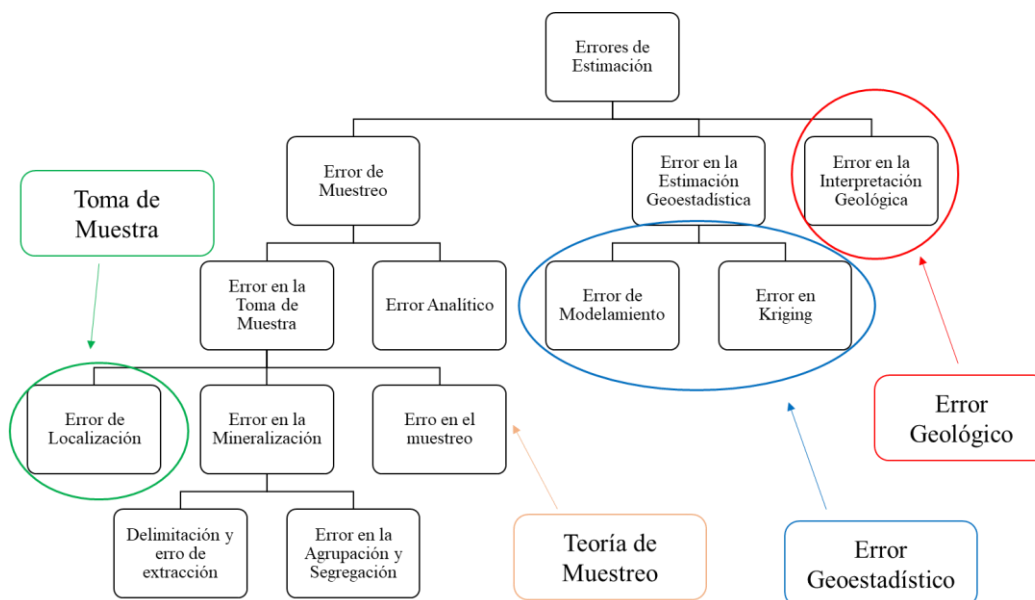
Es importante recordar que estamos utilizando muestras relativamente pequeñas e infrecuentes para estimar las características reales, pero desconocidas, de toda la población, y cualquier incertidumbre en la información de la muestra afectará nuestra capacidad para sacar las conclusiones correctas.

La confiabilidad de los resultados de la muestra depende de las características de la mineralización y la calidad del muestreo, preparación de la muestra y análisis. La fiabilidad de la muestra se puede evaluar a través de la variabilidad de muestra (la precisión) y la exactitud (sesgo) en los resultados. Si bien las preocupaciones de muestreo generalmente se centran en las leyes, no se debe ignorar la importancia de los datos de densidad aparente y humedad para la estimación del tonelaje.

La variabilidad en los resultados de la muestra se puede dividir en tres fuentes principales: el "verdadero" efecto pepita de la mineralización (heterogeneidad inherente), los errores de muestreo (resultantes de los métodos y opciones de selección de muestra), incluida la preparación de la muestra (tamaño de partícula y reducción del tamaño de muestra); y errores de ensayo. Es importante comprender y cuantificar estos errores, de modo que la confianza de los resultados de la muestra final se pueda informar y utilizar en nuestras investigaciones de reconciliación. En la Figura 12 se resume una clasificación de los errores asociados con una estimación de Recursos Minerales (Sketchley, 1999).

Figura 12

Errores asociados con una estimación de Recursos



Fuente: Adaptado de Fuentes de error en la estimación de recursos, de Noppé, 2004.

- **Aseguramiento de la Calidad (QA) y Control de Calidad (QC)**

Una vez que se definen los puntos de medición en el proceso de reconciliación, las mediciones (particularmente en el caso del muestreo) deben incluir suficientes mediciones de control (en forma de duplicados y estándares) para monitorear e informar sobre la confiabilidad de los datos (precisión y exactitud). Esto requiere el establecimiento de un sistema de garantía de calidad adecuado y procedimientos de control de calidad (QA-QC por siglas en inglés *quality assurance and quality control*). El aseguramiento de la calidad se ocupa del establecimiento y la documentación de sistemas y estándares para garantizar la calidad a nivel macro. El control de calidad es el uso de herramientas estadísticas y controles para garantizar que los sistemas estén en control estadístico a nivel micro. Un sistema QA-QC como el de la Figura 13, bien diseñado e implementado, como un sistema de reconciliación útil, no debe agregarse a la carga de trabajo de su equipo técnico ya extendido. Los procesos deben estar automatizados y ser lo más accesibles y

transparentes posibles para que se pueda dedicar más tiempo a interpretar los resultados que a cotejar los datos. Recuerde: los datos no son información a menos que se presenten de manera útil (Noppé, 2004).

Figura 13

Elementos del sistema de control de calidad



Fuente: Adaptado de Elementos de un sistema de control de calidad, de Noppé, 2004.

- **El costo de la mala calidad**

El costo significativo de los procedimientos deficientes a menudo se pasa por alto. Si le pregunta a alguien cuánto dinero (tiempo) se pierde si algo se lleva a cabo incorrectamente, su primera reacción será "duplicar el costo". Sin embargo, la investigación ha demostrado que el costo total oscila entre 8 y 14 veces el costo original cuando se debe hacer algo por segunda vez (Harry & Schroeder, 2000).

Esta es quizás una de las fuentes de mejora operativa más dramáticas, y a menudo no reconocidas, en las empresas de hoy, y el impacto en la rentabilidad de una empresa puede ser

considerable. Un ejemplo de esto en la reconciliación minera es la reacción inapropiada a los resultados de la medición y la búsqueda de "caza de brujas" sin sentido y que llevan mucho tiempo cuando no se justifica.

Si no se puede medir, no puede controlar, y si no puede controlar, ¿cómo espera mejorarlo?

Los beneficios a corto y largo plazo de un sistema de reconciliación significativo y eficiente para el éxito de cualquier operación minera deberían ser obvios. El mensaje es: no se demore, ponga su sistema en funcionamiento hoy mismo. (Noppé, 2004, p.6)

2.2.5. Planificación Minera

Toda empresa minera se ve obligada a presentar a la administración o gerencia un proyecto de la explotación a realizar, previamente a la obtención de la concesión final de explotación y, posteriormente un plan de actividades anuales, que permiten controlar y hacer seguimiento por parte de los directivos de la compañía y por parte del estado, que es el dueño de las riquezas en el subsuelo. Estos constituyen documentos bancables, necesarios para conseguir financiamiento, justificar inversiones, y en el caso de empresas que cotizan en la bolsa de valores, inciden directamente en el valor de las acciones. Por consiguiente, surge la disciplina de planificación minera, que se define como el proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo, siguiendo con los objetivos estratégicos de la corporación, sean estos maximizar el valor presente neto (VAN), el volumen total de reserva, el tiempo de explotación, minimizar el riesgo de la inversión, entre otros, e integrando las restricciones dadas por el recurso mineral, el mercado y el entorno (Rubio, 2006).

Se puede diferenciar niveles en el proceso de planificación minera de acuerdo a las características de las decisiones tomadas. Según Newman y Weintraub (2007):

Estratégicas, se detalla la elección del método de explotación, capacidad mina y de planta y las estimaciones de reservas mineras. El objetivo principal de la planificación estratégica es vincular de manera efectiva el mercado con los recursos disponibles y la misión de la compañía.

Tácticas, se especifica los procesos y actividades a realizar a lo largo de la vida de la mina, detallando los programas de producción de largo plazo y la programación de modelos para la utilización de equipos mineros y planta de procesamiento. La planificación táctica o conceptual se enfoca en determinar la manera de alcanzar los objetivos establecidos previamente planteados por la planificación estratégica cuyo resultado es el plan minero o Budget, donde se define el cómo y el cuándo se ejecutará lo planificado, extrayendo los recursos, estableciendo los recursos humanos para dicho propósito y materiales a usar.

Operativas, son actividades que ejecutan de manera diaria como, la dirección de despacho de un camión u otro equipo mina. Dentro de este tipo de planificación se incluyen los procesos e índices operativos que soportan el plan minero. De esta manera se genera la retroalimentación con la planificación conceptual.

De acuerdo a la precisión de los datos y de la escala espacial de la duración del plan minero, se define diferentes horizontes de planificación, estos constituyen una herramienta para evaluar y tratar la incertidumbre que involucra cada proceso minero, teniendo los siguiente:

Planificación a Largo Plazo: La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de las reservas mineras disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un plan minero anual, estableciendo el tamaño de la mina, el método, capacidad de producción, secuencia de explotación, y el perfil de leyes de corte. Se Incorpora

variables más bien promedio y generales, debido a que el tamaño del problema a resolver, no permite un mayor nivel de detalle, considerando las heurísticas utilizadas actualmente.

Planificación a Mediano Plazo: La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo trianual y anual, y produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo.

Planificación de Corto Plazo: El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal, mensual y trimestral. Es en esta instancia de planificación donde se debe analizar los recursos utilizados en la operación de la mina. Debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo. (Vargas Vergara, 2011, pp 22)

2.2.5.1. Metodología tradicional de planificación de corto plazo

La formulación de un programa de producción de corto plazo, hoy en día, se elabora de forma manual utilizando distintos programas (softwares) de diseño y cálculo que permiten delimitar y cuantificar los tonelajes seleccionados para el minado período a período por el planificador. La planificación de corto plazo se realiza posterior a esta programación y de manera sistemática y secuencial a la planificación de largo plazo, tiene como información de entrada las fase y bancos definidos previamente, esta metodología se describe de la siguiente manera (Troncoso, 2009).

Recopilación de dato del plan de largo plazo

- Triangulaciones o sólidos (volúmenes de material) de fase-banco disponibles para el período de acuerdo al plan de largo plazo.

- Diseño de fase-banco involucradas en el período, con el cual se obtiene la ubicación de la rampa de acceso a cada fase y específicamente el punto de ingreso a cada banco.
- Modelo de bloques, que contiene la información básica y necesaria para realizar el plan minero con información de perforaciones diamantinas o RC. La visualización del modelo de bloques permite identificar el comportamiento de las variables geometalúrgicas dentro de un banco, a través de una leyenda de visualización en un software de diseño.

Recopilación de dato de mediano y corto plazo

- Modelo de bloques actualizado con la información de los pozos de voladura y mapeos geológicos.
- Secuencia de perforación de la fase-banco (diseños de perforación). Si bien no es un input directo para el plan de extracción, sí debe ser considerado en los desarrollos de la mina ya que se debe generar los espacios para los patios de perforación y el camino de servicios que necesita este proceso. (Vargas Vergara, 2011, pp 25)

CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis general

Con un modelo de reconciliación lograremos mejorar la estimación de reservas para los planes de minado a corto plazo.

3.2. Hipótesis específica

- Planificando las actividades previas al proceso de minado permitirán generar el modelo de corto plazo.
- Determinando las actividades que cuantifican y controlan el mineral del modelo de corto plazo se asegurará su correcto minado
- Generando un mejor modelo de reconciliación podremos medir, controlar y gestionar el proceso de minado.
- Hallando los factores de reconciliación se logrará optimizar el cálculo de reservas del modelo de corto plazo.
- Definiendo parámetros estadísticos de los modelos se asegurará la aplicación de los factores de reconciliación en las nuevas estimaciones de reservas a corto plazo.
- Usando factores de reconciliación permitirán la adecuada formulación de la estimación de los planes de minado a corto plazo.

3.3. Identificación de variables

- Variable independiente: Modelo de reconciliación.
- Variable dependiente: Estimación de reservas para planes de minado a corto plazo.

3.4. Operacionalización de variables

En la tabla 2 se muestra las variables identificadas en este estudio y su operacionalización.

Tabla 2*Operacionalización de las variables*

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores
Modelo de Reconciliación	Es el método matemático – estadístico para poder determinar las variaciones en el cálculo de las reservas planificadas y explotadas, medir el desempeño de la operación, apoyar en el cálculo del activo mineral, validar los recursos minerales y reservas estimadas de mineral, y brindar indicadores de desempeño claves para el control a corto y largo plazo.	Reservas del modelo de corto plazo. Reservas del modelo de largo plazo. Mineral minado. Caracterización Geológica de las zonas minadas.	Tonelaje. Ley de mineral. Onzas de mineral. Porcentaje de variación. Promedio Móvil. Coeficientes de correlación.
Estimación de reservas para planes de minado a corto plazo	Proceso que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo, alineado con los objetivos estratégicos de la corporación, integrando las restricciones impuestas por el recurso mineral, el mercado y el entorno.	Reservas del modelo de largo plazo. Reservas del modelo de largo plazo con factores de reconciliación. Equipos de minado. Frentes de minado. Zonas de descarga. Material Minado (desmonte y mineral).	Tonelaje. Ley de mineral. Onzas de mineral. Porcentaje de variación. Número de equipos mina. Volumen o capacidad de descarga de material.

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación califica en el de tipo Metodología Cuantitativa. De acuerdo a la hipótesis definida se determinaron los factores de reconciliación que permitieron ajustar las estimaciones de reservas y se formuló un plan de minado a corto plazo. Los datos de leyes han sido obtenidos con los ensayos de laboratorio metalúrgico y cada característica geológica ha sido representada numéricamente para poder procesar la información, los instrumentos recogieron datos cuantitativos los cuales también incluyen la medición sistemática, son reales, tangibles, observables, medibles, reproducibles, generalizables, predecibles y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante.

La investigación es de diseño no experimental debido a que no fue posible manipular los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio a fin de obtener las leyes de las muestras extraídas de los taladros de producción a través de los detritus producidos, la caracterización geológica de la roca, densidad, volumen de las zonas minadas y modelo matemático de bloques de los modelos de largo y corto plazo para caracterizar la variable independiente a fin de analizar su influencia con la variable dependiente.

La investigación tiene alcance correlacional dado que asocia la variable independiente, a través de la variación de las reservas de los modelos corto y largo plazo, mencionando el contenido de metal, tonelaje y factores de reconciliación con la variable dependiente.

4.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis son los bloques de dimensiones 2.5 x 2.5 x 10 metros que contienen información sobre el modelo matemático – Geológico (leyes de metales, condiciones geológicas, valores binarios) del yacimiento.

4.3. Población de estudio

La población utilizada fueron los bloques de dimensiones 2.5 x 2.5 x 10 metros que contienen el modelo de largo y corto plazo que ascienden a 40,128,000 bloques. de un tajo abierto, cuyo principal metal extraído es el oro, localizada en la cordillera central del Perú, a una hora y media de la ciudad de Huaraz entre los 3800 y 4000 msnm. La toma de datos para la investigación se realizó durante el año 2017 (Unidad Minera, 2017).

4.4. Tamaño de muestra

La muestra estuvo comprendida por 117,494 bloques usados durante el estudio.

4.5. Selección de muestra

Para la selección de la muestra se usó la técnica de muestreo opinático o intencional no probabilístico, separando por niveles de minado en 3 sectores del tajo durante un año de minado extrayendo bloques de mineral dentro de sólidos (representación geométrica de los sectores minados) que se encontraban por encima del cut off.

4.6. Técnica de recolección de datos

4.6.1. Muestreo y logueo

La finalidad fue determinar las características geológicas de la roca a extraer y es de alta importancia para poder generar un modelo de corto plazo que represente las condiciones geológicas actuales del área a minar.

El muestreo de Blastholes a través de canales radiales realizados en conos casi simétricos circulares dejados por la perforación, esto garantiza una repartición equitativa de las capas del banco perforado. Con la formación de los conos garantizamos que la muestra sea lo más representativa posible. En conos asimétricos se tiene segregación de la muestra debido a una mala disposición de las capas y por lo tanto no es representativa. No debe de existir contaminación con

las muestras de los conos contiguos en el momento de la perforación (pérdida de finos). El personal de muestreo debe de estar capacitado y entrenado para la extracción de la muestra.

El logueo realiza una descripción geológica de los taladros de voladura en forma representativa, determinando el tipo de alteración existente en la roca a minar y parámetros como dureza, porcentaje de finos, porcentaje de arcillas, posición de roca y mineralización. Esta información servirá de soporte para el área de planeamiento o geología mina en la creación de polígonos en mineral (o las características que el área de geología considere adecuadas para la clasificación de tipo de mineral) y zonas de desmonte, como estructural o simple desmonte cuyo único destino será el botadero (waste dump).

4.6.2. Análisis de laboratorio

La muestra extraída de los conos de perforación tiene que tener como características ser representativa, proporcional, libre de contaminantes, para determinar las leyes de la muestra (Au, Ag, S, etc). Se deberá realizar la inserción de muestras de control QA/QC para cada orden de envío de las muestras y poder identificar falencias o distorsiones en el análisis, así como una validación cruzada.

4.6.3. Actualización del modelo geológico de bloques

Consiste en generar un modelo de bloques a corto plazo teniendo como base los taladros de producción y los contornos geológicos que se obtiene luego del proceso de logueo de cada taladro, dándole una cobertura similar al radio de influencia de detonación, luego se procede a generar el proceso de interpolación con las leyes de cada taladro y las características geológicas.

4.6.4. Extracción del modelo de bloques

Se extrae las reservas dentro del volumen delimitado por el área de minado, de esta manera se obtiene un archivo de salida con la información del modelo de bloques que representan al

tonelaje minado con su respectiva ley (Au g/t) o cualquier característica que se encuentre descrita dentro del modelo seleccionado. Se usó el software minero Minesight 6.4.

4.7. Análisis e interpretación de la información

- **Análisis de la información**

Se utilizó la dispersión gráfica de las variables y la Correlación de Pearson que es un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativas, el cual establece criterios de aplicación cuando se relaciona dos variables, cuando hay suposición de que los datos tienen una tendencia a una curva normal. Además, de la variación porcentual en las reservas de los modelos.

Se estudiará el comportamiento de las variables antes de que se les aplique los factores de reconciliación para el ajuste del cálculo de reservas, de esta manera determinar y conservar el comportamiento geológico. En este caso de que se esté estudiando dos variables aleatorias X e Y sobre una población; el coeficiente de correlación de Pearson se simboliza con la letra $\rho_{X,Y}$:

$$\rho_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

σ_{xy} es la covarianza de (X, Y)

σ_x es la desviación estándar de la variable X

σ_y es la desviación estándar de la variable Y

De manera análoga podemos calcular este coeficiente sobre un estadístico muestral. Denotado como r_{xy} a:

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

- **Interpretación**

El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1,1], indicando el signo el sentido de la relación:

Si $r = 1$, correlación positiva perfecta, dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.

Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.

Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.

Si $r = -1$, correlación negativa perfecta, dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

- **Promedio Móvil Simple**

Se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión. Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados. El pronóstico es óptimo para eliminar el impacto de los datos irregulares históricos de la variación en porcentaje de los modelos de largo y corto plazo mediante un enfoque en períodos de demanda reciente, debido a que cuando se trabaja para la obtención de los factores de reconciliación la información suele ser escasa y se requiere suavizar los valores atípicos (outliers) o no considerarlos.

$$\hat{x}_t = \frac{\sum_{t=1}^n x_{t-1}}{n}$$

\hat{x}_t Promedio de variación en tonelaje y ley de los modelos de bloques de largo y corto plazo en el período t.

Σ Sumatoria de datos

X_{t-1} variación en tonelaje y ley de los modelos de bloques de largo y corto plazo de los períodos anteriores a t

n Número de datos

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Actividades previas al proceso de minado para la generación del modelo de Corto

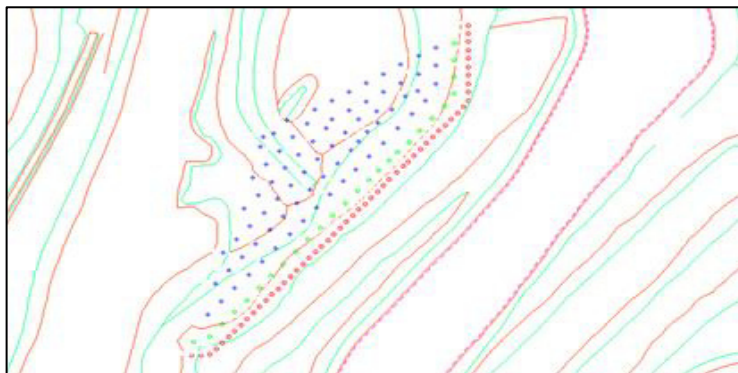
Plazo

Para la obtención de las reservas del modelo de corto plazo hay que realizar previamente una serie de procedimientos que abarca el concepto de Control de Mineral, además de poseer información sin acumulación de errores teóricos y operativos para el cálculo de factor de reconciliación. Se debe cubrir con los requerimientos de diseño y cumplir con los procedimientos de las actividades para obtener una muestra significativa, ya que un mal control acumula errores a lo largo de todo proceso dando una información inadecuada y difícil de procesar.

5.1.1. *Diseño de Malla de perforación*

El diseño de malla de perforación deberá realizarse siguiendo parámetros y cálculos los cuales no se tocarán en esta tesis. Para elegir el adecuado diseño de malla de perforación se usa el modelo de dureza (los valores de dureza son relativos a la alteración que se presente) de la roca a perforar y se emplea diseños tanto para zonas de mineral como para desmonte. Todo diseño usa como base la información del modelo de largo plazo obtenido a partir de sondajes de exploración, la topografía del área a disparar y diseños de fases de minado. En la Figura 14 se muestra un diseño de malla a perforar delimitado por la topografía con las finalidades de:

- Cumplir con los diseños establecidos (Forecast).
- Identificar el material a un nivel de corto plazo a través de perforaciones de producción.
- Extracción de muestras para análisis de laboratorio.
- Fragmentar la roca para su fácil carguío.
- Tener la granulometría de roca adecuada para el proceso de chancado.
- Generar inventario para el minado.

Figura 14*Diseño de malla**Fuente: Propia*

- **Diseño por tipo de material y dureza**

Se diseñan mallas regulares triangulares de espaciamiento variable según el tipo de dureza del terreno, con líneas de Trim (corte), Buffer (pre corte) y producción. En la Tabla 3 se muestra la clasificación según dureza con sus respectivas las dimensiones para el diseño:

Tabla 3*Parámetros de diseño según durezas*

Dureza	Línea Trim (dist. de la cresta en m)	Espaciamiento Trim (m)	Línea Buffer (distancia de la línea Trim en m)	Espaciamiento Buffer (m)	Producción (Espaciamiento; Offset) en m
1	5.0	3.5	4.5	5.0	7.0 ; 6.06
2	5.0	2.5	4.0	5.0	6.5 ; 5.62
3	5.0	2.5	4.0	5.0	6.5 ; 5.62
4	5.0	2.5	3.5	4.5	5.2 ; 4.50

Fuente: Propia

- **Puntos de perforación en campo**

Se colocan los puntos de la malla (collares de los taladros) de manera que se cumpla el diseño propuesto, de esta manera obtener muestras significativas para el proceso de identificación del material. Se ordena la malla de forma correlativa para facilitar el muestreo y logeo de los taladros asignándole una numeración a cada taladro para su fácil identificación. La malla de

perforación se coloca de acuerdo con el avance de minado y la liberación de áreas de perforación (deberá ser planificada juntamente con el minado). Se debe tener una plataforma lo más horizontal posible en la cual la perforadora pueda generar conos óptimos para el posterior muestreo y logueo tal como se muestra en la figura 15 y se colocar los puntos en caso no se posea un sistema de localización de las coordenadas de los collares tal como se ve en la Figura 16.

Figura 15

Plataforma de perforación nivelada



Fuente: Propia

Figura 16

Malla puesta en campo de acuerdo a diseño



Fuente: Propia

5.1.2. Perforación de los puntos diseñados

Dentro de los objetivos de la perforación se resalta la identificación de las características geológicas y químicas del material (mineral o desmonte) a través del muestreo y logueo de los conos de perforación, dicho de otra manera, obtener un muestreo y logueo representativo del área a perforar. En la figura 17 se muestra un ejemplo de la perforación de un taladro de producción para un banco de 10 metros de altura.

Figura 17

Generación de taladros de producción



Fuente: Propia

El tipo de muestreo optimo es realizado sobre una forma cónica circular truncada, para ello se debe de considerar los siguientes requerimientos:

- **Dimensiones del Cono Ideal**

Se requiere de una acumulación equidistante regular de material detrítico acumulado en una forma cónica circular truncada aproximándose a la equidistancia en todas sus dimensiones. Las dimensiones del cono pueden variar de acuerdo con las características de la máquina perforadora, sin embargo, se está considerando un “cono ideal” con las siguientes dimensiones: 0.50 m de altura, 1.40 m de diámetro en la base mayor y 0.60 m de diámetro en la menor para una

máquina perforadora DMM2 de 7' 7/8'' de diámetro de taladro y barras de 10.2 m. Dichas dimensiones pueden aumentar en forma proporcional (+30%) y/o presentarse ligeramente irregularidades dependiendo de factores externos (horizontalidad de la plataforma, antigüedad de la máquina, factores climáticos, factores operativos, material a perforar, entre otros), pero sin perder su forma cónica que nos garantiza la representatividad de la muestra. En la Figura 18 se observa un cono de detritus representativo para la obtención de muestras.

Figura 18

Cono de perforación representativo



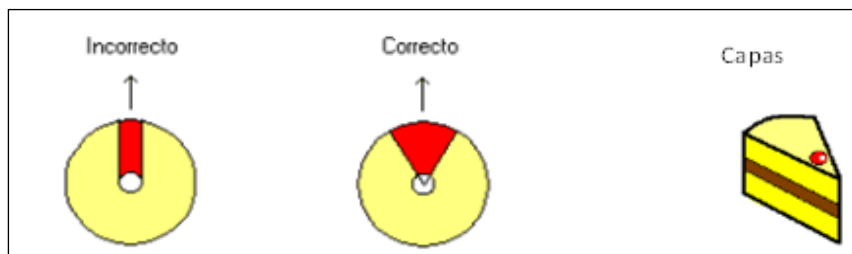
Fuente: Propia

- **Muestreo y logueo**

Se realiza para determinar las características geológicas de la roca a minar y es de alta importancia para poder generar luego un modelo que representara las condiciones geológicas del minado, ver sección [4.6](#).

- **Proceso del Muestreo**

El muestreo de Blastholes es a través de canales radiales realizados en conos casi simétricos circulares dejados por la Perforadora. Esto garantiza una repartición equitativa de las capas del banco perforado, en la Figura 19 se muestra la manera correcta de realizar el muestreo en un cono.

Figura 19*Grafica de muestreo de un cono**Fuente: Propia*

Con la formación de los conos se garantiza que la muestra no posea contaminación y sea lo más representativa posible. En conos asimétricos se tiene segregación de la muestra debido a una mala disposición de las capas y por lo tanto no es representativa. No debe de existir contaminación con las muestras de los conos contiguos en el momento de la perforación (pérdida de finos - diseminación) ya que se estaría alterando la integridad y representatividad individual de cada taladro, en la Figura 20 se observa la perdida y diseminación de finos en un área extensa pudiendo alcanzar taladros adyacentes de la malla.

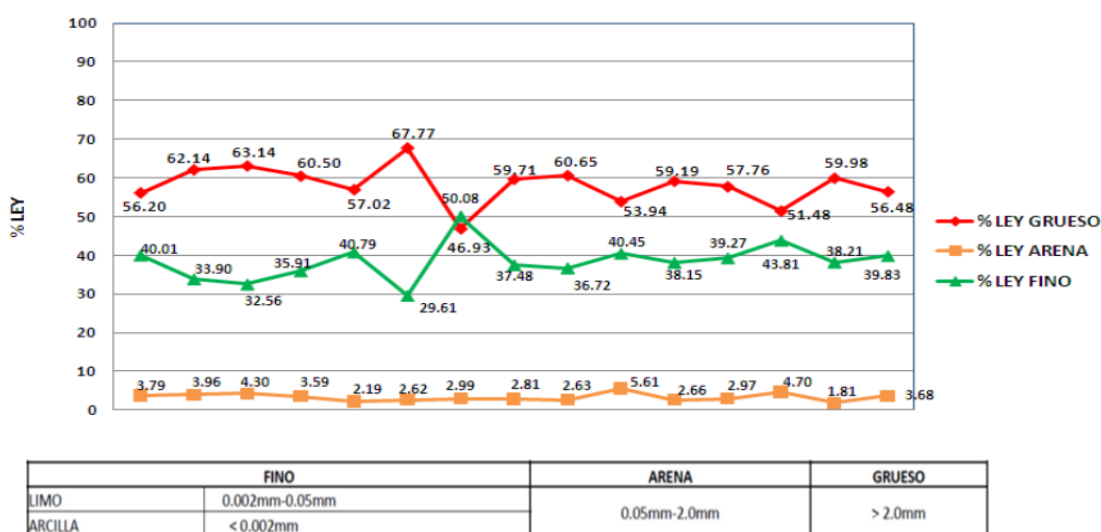
Figura 20*Diseminación de finos en la perforación**Fuente: Propia*

Determinar el porcentaje de finos existentes en diferentes niveles dentro del tajo es un factor importante para clasificar la calidad del material que pueda pasar por chancado o destinar al stock para realizar un buen blending (mezcla de materiales de acuerdo a sus características) o en todo caso enviar al botadero de contener muchas arcillas o contaminantes. Se considera una proporción de arcillas dentro del mineral a chancar y que será enviado a las celdas de lixiviación de 10% como máximo y 30% de finos por volquete. Se debe determinar el porcentaje de ley que se obtiene de la pérdida de finos para cada operación a través de un análisis estadístico, para esta investigación no se mostrará el estudio detallado, pero se mencionará los valores que fueron obtenidos con fines informativos ya que no se encuentra en los alcances de la presente tesis.

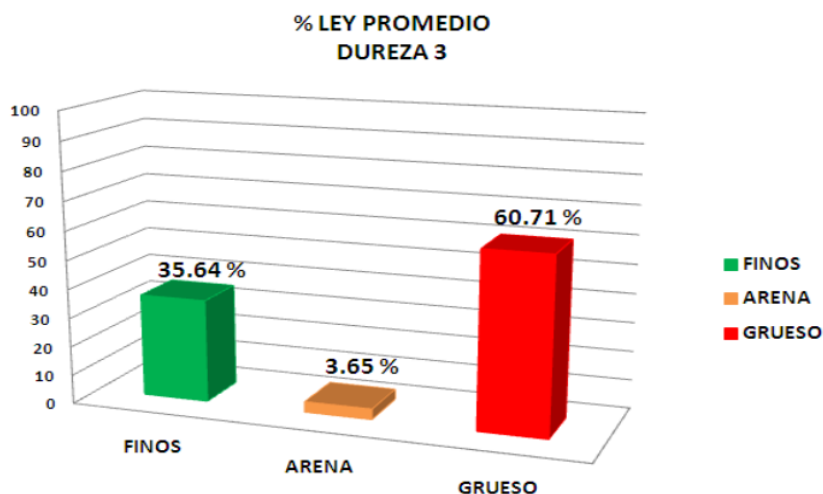
Se encontró que el porcentaje de ley que aportan los finos a la muestra del taladro son aproximadamente un 35% de la muestra estudiada. En la Figura 21 se presenta la distribución en el contenido de metal de acuerdo al tipo de material físicamente trabajado y en la Figura 22 la ley promedio por granulometría del material

Figura 21

Porcentaje de ley en finos



Nota: Estudio realizado a 9,000 muestras de conos de perforación. Fuente: Propia

Figura 22*Distribución de Ley de Au por tipo de material**Fuente: Propia*

- **Proceso de Logueo**

Se realiza el proceso de caracterización y descripción de los detritus obtenidos de los blastholes, este registro es en realidad la descripción geológica del material proveniente de la perforación, aquí se detallan los tipos de alteración, la dureza de la roca, el porcentaje de finos, posición de la roca, tipo de mineralización y otras observaciones importantes que el geólogo crea pertinentes describir.

El seguimiento de los estándares establecidos para los códigos y coloraciones en las caracterizaciones geológicas son importantes ya que, posteriormente, estos datos serán actualizados e introducidos en la base de datos mediante el uso de un software y podría incurrir en errores que no son detectados por los controles y algoritmos de dicho software. El logueo es independiente al yacimiento que se esté explotando y de acuerdo con sus características geológicas presentes.

5.1.3. Análisis de laboratorio

La muestra extraída de los conos de perforación tiene que tener como características: representativa, proporcional y libre de contaminantes para determinar las leyes (Au, Ag, S, etc.) que posee cada muestra. Se consideran los controles de QAQC para garantizar y tener un correcto control en todo el proceso que involucra el muestreo, preparación y análisis de la muestra para poder comprobar el buen rendimiento de los laboratorios donde se realizan los ensayos.

En la Tabla 4 se muestra la codificación de cada taladro, así como la ley obtenida por cada ítem solicitado, además se evidencia muestras con rangos no detectables que en posterior son reanalizados.

Tabla 4

Leyes de laboratorio por taladro de producción

	# de Muestra	Au	Ag	S Total	SO4	S2
1	40104-10450	0.31	3.9	2.99	0.88	2.11
2	40104-10474	0.12	2	1.63	0.67	0.96
3	40104-10490	0.32	6.3	2.9	0.99	1.91
4	40104-10590	0.37	10.5	3.03	1.33	1.7
5	40104-10610	0.2	6.8	3.28	1.43	1.85
6	40104-10630	0.24	12.4	3.34	1.27	2.07
7	40104-10657	0.17	6.6	1.42	0.59	0.83
8	40104-10690	0.16	2.3	2.76	1.25	1.51
9	40104-30620	1.63	25.7	1.83	0.77	1.06
10	40104-99231	0.01	<0.2	0.09	0.09	<0.01

Fuente: Propia

5.1.4. Actualización de modelo geológico

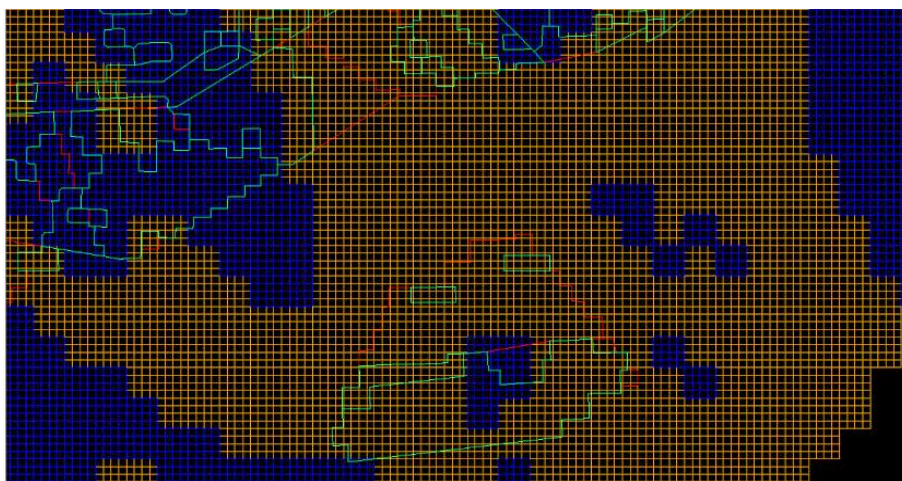
Consiste en generar un modelo de bloques de corto plazo teniendo como base los taladros de producción y los contornos geológicos que se obtienen luego del proceso de logueo, dándole una cobertura similar al radio de influencia de detonación y limitado por los diseños mina.

En la Figura 23 se muestra el modelo de bloques geológico no actualizado (modelo de largo plazo), el cual, a partir de los contornos geológicos, (líneas verdes y rojas) que representan las

condiciones actuales en el minado, se actualizará y generará nuevos bloques representando las características geológicas de los taladros de producción. En la Figura 24 se muestra los contornos generados en software a partir de la interpretación geológica listos para codificar el modelo de bloques (Unidad Minera, 2017).

Figura 23

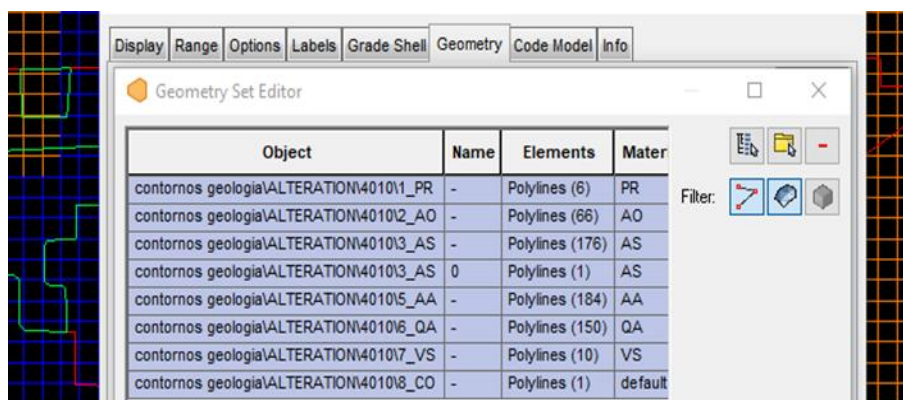
Bloques de largo plazo y contornos geológicos



Fuente: Propia

Figura 24

Codificación del modelo geológico a partir de contornos

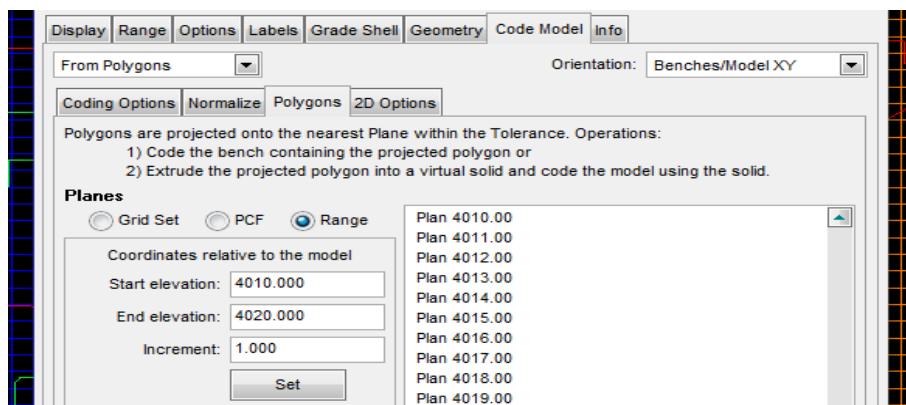


Fuente: Propia

Tal como se describe en la Figura 25 se selecciona el nivel a actualizar y codificar, dándole un incremento o rango de codificación de bloques, en este caso 10 metros por ser altura de banco.

Figura 25

Codificación por nivel

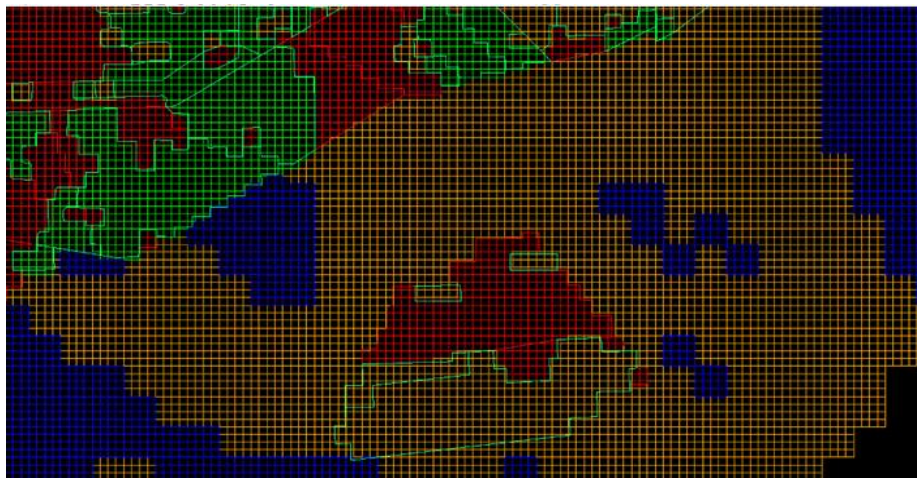


Fuente: Propia

De esta manera se obtienen los bloques actualizados y codificados, los cuales serán representativos a las nuevas condiciones geológicas de la zona a minar. La Figura 26 evidencia este proceso y los bloques pasan a ser de corto plazo, resultado de la información geológica actual.

Figura 26

Bloques de corto plazo y contornos geológicos



Fuente: Propia

Se genera la actualización de los campos de Alteración, Dureza, Porcentaje de Finos y Posición de Roca que permiten codificar el modelo para luego interpolar las leyes a un corto plazo.

Se deberá evaluar la codificación de los modelos geológicos que se consideren fundamentales para el proceso de actualización del modelo, en este caso se resaltan los siguiente:

5.1.4.1. Modelo de Alteración

En términos generales incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, térmicos químicos y termales, debido a la presencia de agua caliente, vapor o gas (fluidos hidrotermales). La clasificación por alteración nos permite catalogar el tipo de material que vamos a minar y descartar cuales zonas no estarán con mineralización favorable para su extracción. En la Tabla 5 se muestra las nomenclaturas de acuerdo con la alteración encontrada en las muestras las cuales son codificadas numéricamente en el modelo de bloques. Esta clasificación dependerá de la geología del yacimiento y de la interpretación del área de geología, en este caso la alteración de cuarzo alunita y vuggy silica tiene mayor probabilidad de convertirse en polígonos de mineral mientras que la alteración argílico sulfuro tiende a ser en su totalidad desmonte no estructural.

Tabla 5

Alteraciones geológicas

ALTERACION	Abreviatura	OBSERVACIONES
PROPILITICO	PR	Verdoso-marron, carbonatos, py, cloritas
ARG. OXIDOS	AO	Arcillas con oxidacion, illita, esmectita
ARG. SULFUROS	AS	Arcillas con py diseminada, illita
STEAM HEAD	SH	Areno alunita muy fina
ALUNITA ARCILLA	AA	Arcillas con alunita, finos
CUARZO ALUNITA	QA	silice con alunita
VUGGY SILICA	VS	silice oquerosa con py
COLUVIO	CO	material preexistente, clastos de VS, QA

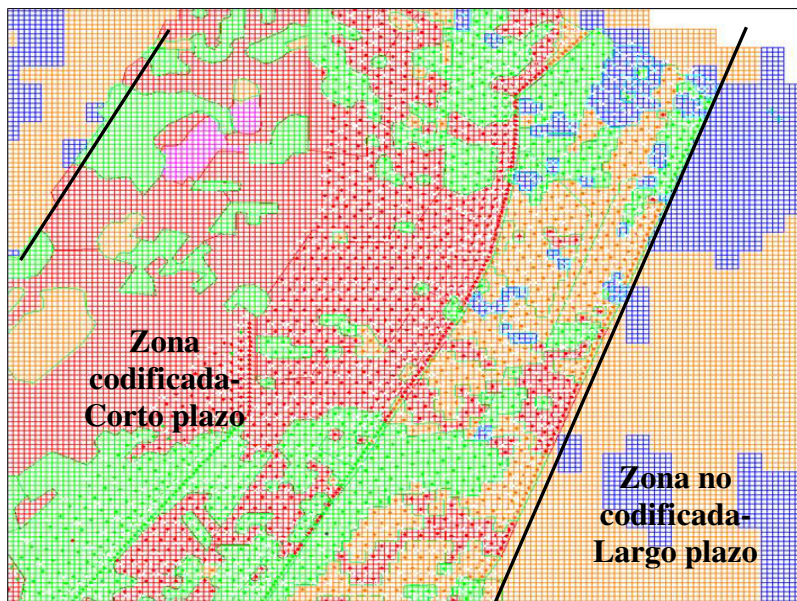
Fuente: Propia

En la Figura 27 se muestra la codificación de los bloques al nivel de corto plazo que representan los contornos de alteración diseñados por el área de geología, a partir de esta

codificación y actualización de bloques se podrá, más adelante, interpolar el modelo de leyes y otros parámetros que se necesiten. Toda codificación (contornos geológicos) será restringida por la topografía y los diseños de las fases de minado.

Figura 27

Contornos de alteración en bloques



Fuente: Propia

5.1.4.2. Modelo de Dureza

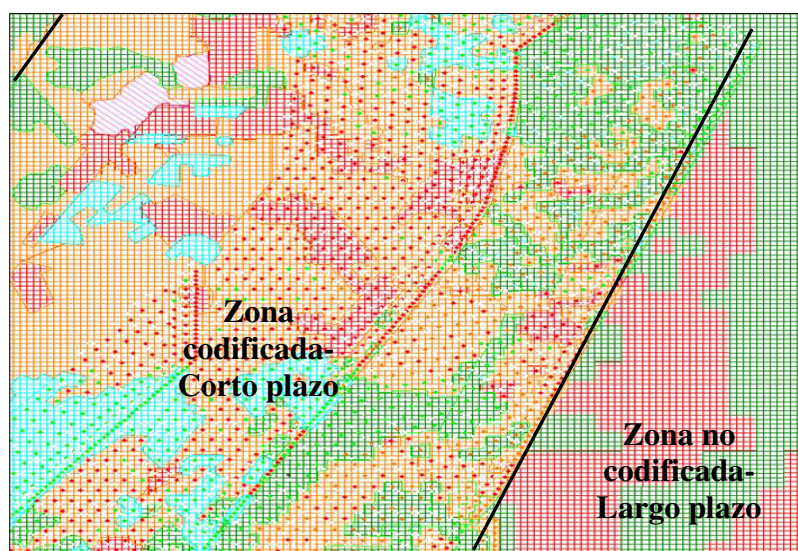
La dureza es la resistencia que un mineral opone al ser rayado por otro. Se trata, por lo tanto, de una propiedad mecánica de los minerales. También se habla de dureza respecto a la penetrabilidad de una superficie para hacer referencia a la posibilidad de realizar marcas con una punta. Dependiendo del tipo de dureza del material a perforar de acuerdo con la Tabla 6 se genera el diseño de malla de perforación. En superficies con mayor índice de dureza se coloca una malla con espaciamiento menor, de esta manera se ahorra metros de perforación en zonas donde no lo requiere (menor dureza). La necesidad de actualizar esta característica geológica es determinar la futura calidad del material a extraer y ajustar los parámetros de diseño de malla.

Tabla 6*Dureza por tipo de alteración*

DUREZA	CODIGO	OBSERVACIONES
SH, AO, AS, CO	0	Plastilina, y muy fina
PR, AS, AA, SH	1	material fino con incipiente clastos
PR, AA, QA, AS	2	material suave,
PR, QA, VS	3	buen material, mineral- para geotecnia
QA, VS	4	mineral, buen material
VS	5	alta dureza con buena ley

Fuente: Propia

En la Figura 28 se observa la codificación en bloques de los contornos de dureza para la zona a minar, observándose los cambios de codificación con respecto al modelo de largo plazo.

Figura 28*Contornos de dureza en bloques**Fuente: Propia***5.1.4.3. Modelo de Porcentaje de Finos**

Representa el porcentaje de material fino por muestra extraída, debido a que la mayor mineralización donde se encuentra el oro es en el óxido se debe catalogar el porcentaje de finos porcentual en las muestras muestra de tal manera de identificar su presencia dentro de los polígonos a minar. Al lixiviar los finos contenidos en el mineral, estos impiden el adecuado trabajo

de la solución cianurada, haciendo el proceso de percolación lento. La Tabla 7 permite codificar el porcentaje de finos que se encuentra en cada diferente tipo de alteración dentro de la zona a minar, donde un buen material estará en el rango de 0 a 30% de presencia de finos.

Tabla 7

Porcentaje de finos

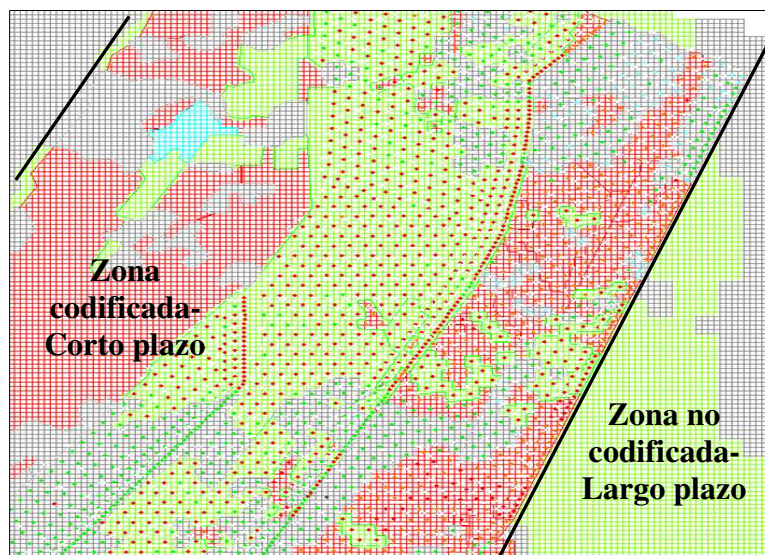
CODIGO
0
1--15
16--30
> 30

Fuente: Propia

En la figura 29 se observa que los bloques están representados matemáticamente los contornos geológicos diseñados y se identifica zonas con código 0, esto no significa que no posean fino, se le asigna este valor al material que son desmonte o mineral de muy mala calidad y baja ley el cual será destinado a los botaderos por su contenido elevado de arcillas y contaminantes.

Figura 29

Contornos de porcentaje de finos en bloques



Fuente: Propia

5.1.4.4. Modelo de Posición de roca

Se entiende como la ubicación de la roca mineralizada o alteración favorable dentro de un nivel o cota a minar, se puede encontrar en el tope del nivel (parte superior del banco) o en la base (parte inferior del banco) y se debe codificar para su ingreso al modelo, como ejemplo se muestra la Tabla 8. La posición de roca permite realizar un minado más selectivo y evitar en lo posible la dilución y contaminación del mineral con desmonte, estos datos deberán ser representados por el modelo de bloques de corto plazo tal como se ve en la Figura 30.

Tabla 8

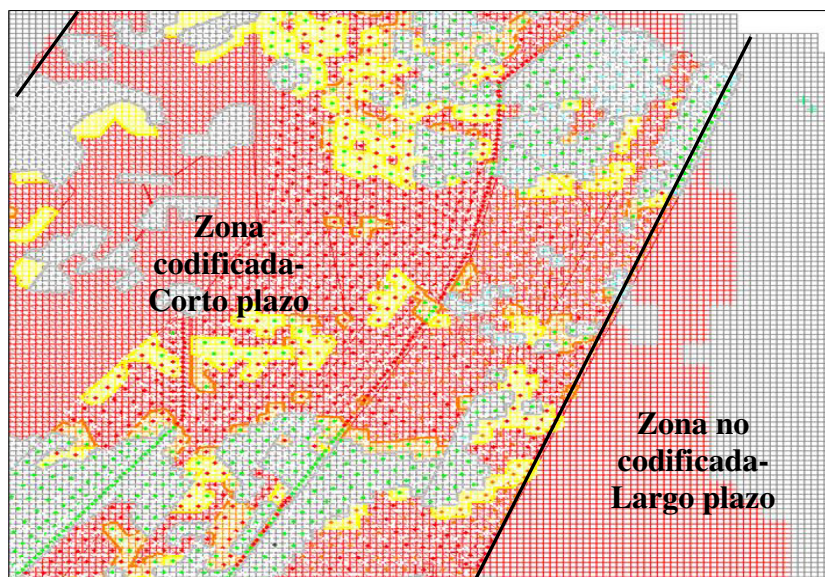
Posición de roca

PS_ ROCK	CODIGO
ARCILLAS	0
ROCA ARRIBA	1
ROCA ABAJO	2
TODO ROCA	3

Fuente: Propia

Figura 30

Contornos por posición de roca



Fuente: Propia

Los contornos geológicos son creados geométricamente respetando los diseños para el minado, teniendo como límite la línea media o toe de los diseños (forecast) y la topografía.

Estos contornos son de alta importancia ya que permiten clasificar por tipo de material el futuro polígono de producción que se obtenga luego de la interpolación, dando una base confiable de las características geológicas del material que será minado, de esta manera se puede distribuir con mayor eficacia los destinos con diferentes calidades de material ya sea mineral o desmonte y aprovecharlos en las diferentes etapas del proceso de producción.

5.1.5. Interpolación de leyes del modelo de bloques

Se basa en generar un modelo de corto plazo de las leyes y otros parámetros a partir de las nuevas condiciones geológicas y grado de ley que se posee dentro del área de trabajo (en esta tesis no se tratara el método de interpolación a detalle).

Luego del proceso de interpolación se actualiza el modelo de largo plazo en base a la nueva información insertada por los blastholes, dando como resultado un nuevo modelo de bloques, de esta manera permite el diseño de polígonos de producción lo cual sustenta un adecuado minado.

Se realizó interpolación por inverso de la distancia al cubo para actualizar las leyes de Au, Ag, Aurec, Stot del modelo de largo plazo a corto plazo tomando como parámetros:

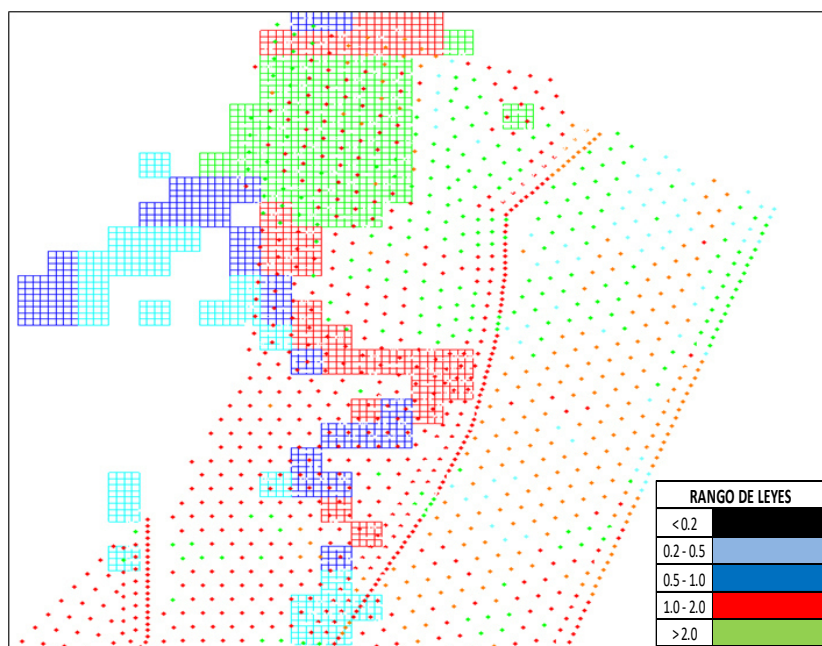
- Búsqueda en ejes X y Y: 10m
- Búsqueda en eje Z: 5m (solo toma los taladros del banco a estimar)
- Mínimo número de muestras para interpolación: 1 muestra
- Máximo número de muestras para interpolación: 3 muestras
- La información geológica de los taladros debe coincidir con la información geológica del modelo de bloques para llevar a cabo la estimación en el bloque
- Solo se estima un banco

- Se mantiene la información de largo plazo en las zonas en las que no se pueda llevar a cabo interpolación por falta de datos

En la Figura 31 se muestra el modelo de bloques de largo plazo generado por los taladros de exploración y los taladros de producción en puntos de colores de acuerdo con la alteración.

Figura 31

Modelos de bloques de largo plazo – ley Au (g/t)

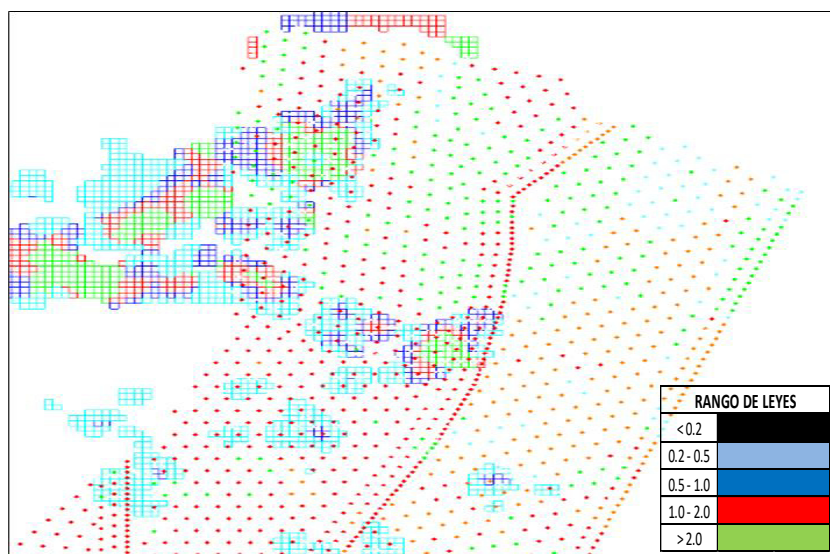


Fuente: Propia

Con la nueva información de los taladros de producción, la geología y los resultados de laboratorio (leyes), se actualizará el modelo de bloques, dando como resultado un modelo de corto plazo, el cual representa la zona a minar y será guía para el diseño de polígonos de producción y clasificación de material. En la Figura 32 se muestra los bloques actualizados que son el resultado de la interpolación, dado este proceso el modelo generado es denominado modelo bloques de corto plazo.

Figura 32

Modelos de bloques de corto plazo – ley Au (g/t)



Fuente: Propia

Dependiendo del software que se use, se ejecutara el multirun tal como ve en la Figura 33 para la interpolación.

Figura 33

Parámetros de interpolación (multirun)

Number MultiRun variables by entering ?nn in the field (eg, ?01 to ?99).

M: SEARCH PARAMETERS

PAR1	<input type="text" value="10"/>	Search distance from block on Model-X (REQUIRED)
PAR2	<input type="text" value="10"/>	Search distance from block on Model-Y (REQUIRED)
PAR3	<input type="text" value="5"/>	Search distance from block on Model-Z (DEFAULT=.1)
PAR4	<input type="text" value="10"/>	Max 3-D distance from block to accept data
PAR5	<input type="text" value="3"/>	Inverse distance power (DEFAULT=2; Use -1 to Average)
PAR7	<input type="text"/>	Max distance allowed to the closest composite (DEFAULT=PAR4)
PAR8	<input type="text"/>	Max distance to project single composite (DEFAULT=PAR7)
IOP7	<input type="text" value="1"/>	Min # of comps to a block (DEFAULT=1)
IOP16	<input type="text" value="3"/>	Max # of comps to a block (DEFAULT=15)
IOP19	<input type="text"/>	Max # of comps per hole (DEFAULT=0, no limit)
IOP12	<input type="text" value="0"/>	0=No special selection, 1=Octant, 2=Quadrant, 3=Split Octant, 4=Split Quadrant
IOP2	<input type="text"/>	Max # of comps per octant or quadrant (if IOP12>0)
IOP26	<input type="text"/>	Max # of adjacent empty octants or quadrants to limit interpolation (if IOP12>0) (DEFAULT=No limitations)

Fuente: Propia

5.2. Actividades para cuantificar y controlar el mineral del modelo de corto plazo para asegurar su correcto minado

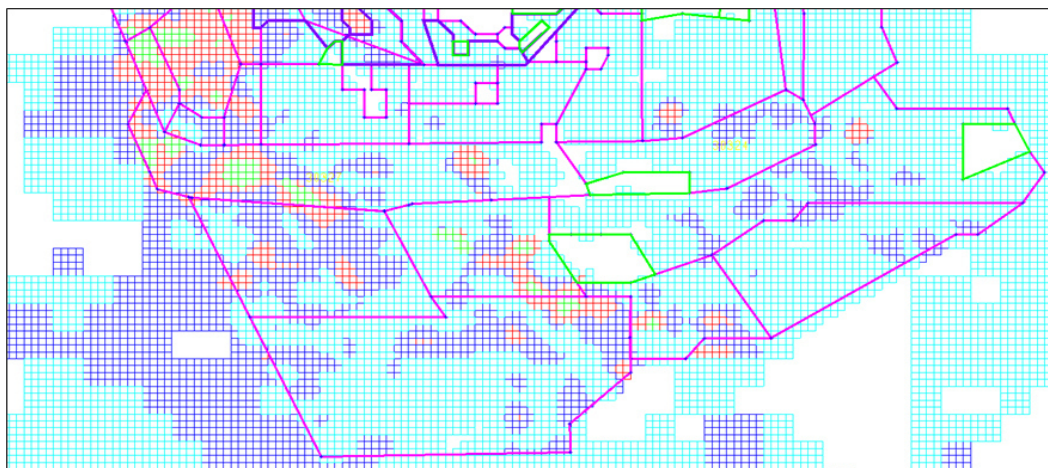
5.2.1. Creación de polígonos

La creación o diseño de polígonos de producción se basa tanto en parámetros geológicos, bloques económicos y en parámetros de diseño (SMU – Selective Mining Unit por sus siglas en inglés). Se clasifica de acuerdo con el tipo de material que se obtenga luego del análisis geológico realizado en el muestreo y logue de taladros y del grado económico que tenga en los bloques (leyes de Au). Adicional a esto, se puede mencionar que su clasificación se puede dar dependiendo de los requerimientos de material que se tenga en la operación (tipos de mineral y tipos de desmonte).

En la figura 34 se observa los bloques de Au del modelo de corto plazo con colores y zonas blancas que son las áreas estériles o de desmonte, en la cual el análisis de laboratorio dio leyes por debajo del cut off estimado, se diseña las envolventes de los polígonos con la finalidad de realizar un minado selectivo, evitando en lo posible la dilución (en lila se tiene polígonos de mineral y en verde de desmonte).

Figura 34

Polígonos basados en bloques económicos



Fuente: Propia

Luego de clasificar los polígonos se debe comprobar que sean operativos (se pueden minar y su recuperación no se verá demasiado afectada por problemas de dilución). Por ende, se considera lo siguiente:

5.2.1.1. Unidad Mínima de Extracción (SMU)

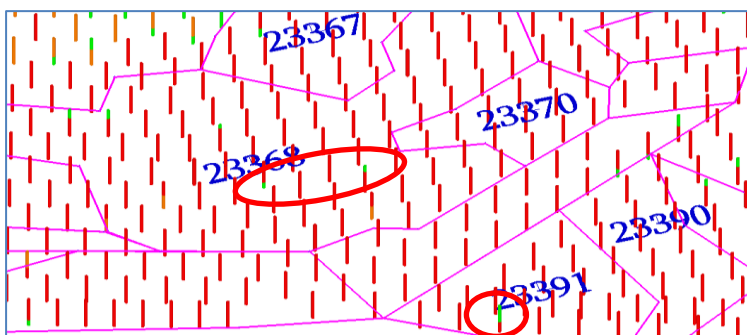
El SMU permite realizar de manera correcta la creación de los polígonos basándose en:

- Depende del tamaño del Banco, de los equipos y adicionalmente de la malla de perforación.
- No se puede generar un polígono de un tamaño menor del Bucket o cucharón del equipo de carguío ya que será de dimensiones en las cuales se tendrá mayor dilución o contaminación con polígonos aledaños.
- Para tener un Bloque mínimo de minado deberá ser 1.5 tamaño del Bucket del equipo.
- Todo polígono debe de tener al menos un taladro en su área, es decir al crear un polígono se deberá considerar encerrar como mínimo a un taladro de la malla de perforación de esta manera aseguramos información válida por bloque representado dentro del polígono.
- Mientras más pequeño es el polígono mayor dilución se creará.
- El polígono debe ser mayor a la distancia entre toe y cresta debido a que se tiene una zona donde no hay un banco completo y se genera un minado incompleto del polígono.
- Mientras más pequeño el bloque, más selectivo es el minado ya que se tiene más información (información más detallada por unidad de medida).
- Tal como se muestra en la Figura 35 no generar polígonos menores a 45° , esto debido a que es muy difícil para el tipo de equipo de carguío realizar esta geometría de minado y mucho menos respetar dichos límites, los polígonos sean creados de manera que el equipo de carguío no tenga dificultades.

Figura 35*Ángulo mínimo de creación de polígono**Fuente: Propia*

- Cuando se tienen cuerpos tabulares se deben de minar en sentido perpendicular.
- Dilución: Máxima 5%, al momento de crear polígonos de mineral siempre se tendrá dilución ya sea operativa o de diseño, pero esta dilución deberá estar en el rango de 5% para no bajar la ley del polígono o enviar desmonte al proceso.

En la Figura 36 se observa taladros de desmonte (color verde) dentro del polígonos de mineral, debido a la posición de roca, se puede considerar como zona de minado recuperando el mineral que se encuentra en esa zona (selectividad con apoyo de flota menor). La dilución operativa puede ser manejada con controles de ingeniería y reduciendo al mínimo la contaminación por el mal control operativo de los equipos de carguío.

Figura 36*Dilución en polígonos por taladros contaminados**Fuente: Propia*

Los polígonos toman como referencia a los bloques y no los derrames de material ocurridos por la voladura o el botado de muros de seguridad para las plataformas de perforación.

5.2.2. Controles de minado

- **Control en colocación de polígonos**

El área de topografía demarca los polígonos en campo, diferenciando por desmonte y mineral (tipos) con señalética la cual da referencia lo que se va a minar, así asegurar los límites de diseño ante cualquier posible falla en el sistema de despacho (dispatch) y evitar un sobre minado de zonas no reconocidas, dilución o malas asignaciones de polígonos. En la Figura 37 se observa estacas con banderillas de colores que identifican al polígono de mineral dentro de las amarillas y en azul el desmonte.

Figura 37

Demarcación de polígonos en campo



Fuente: Propia

- **Control de límites de minado**

En el control de límites de minado se da énfasis a la demarcación de las crestas de los diseños de taludes finales o temporales (respetado el diseño de la fase), lo más común es señalar con estacas con cintas de colores y las zonas no disparadas con estacas pintadas de rojo intenso llamadas keep out para evitar la dilución del mineral con posible material no identificado y no salirse del diseño propuesto para la fase, la Figura 38 muestra un ejemplo para cresta de diseño.

Figura 38

Control de crestas de minado



Fuente: Propia

- **Control de piso**

El control de pisos es de suma importancia al momento del minado, evita contaminar polígonos con material no identificado de bancos inferiores o dejar material no minado de bancos superiores que pudiera contaminar los polígonos que se están minado. Este control se soluciona colocando plantillas que representen al nivel de minado en el caso que la geolocalización de los equipos de carguío no tenga alta precisión. En la Figura 39 se observa el piso del área minada nivelada y la presencia de topografía (camioneta) para controlar con mayor exactitud de la cota.

Figura 39

Control topográfico de pisos de minado



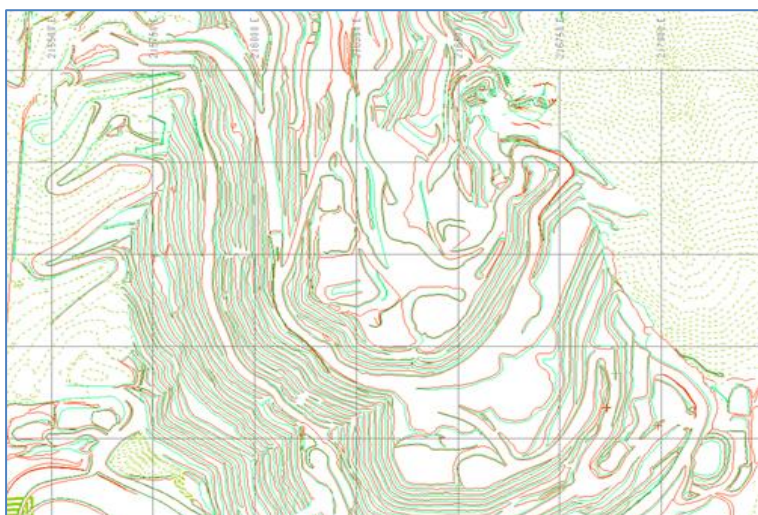
Fuente: Propia

- **Levantamientos Topográficos**

El área de Topografía realiza levantamientos topográficos tal como se ve en la Figura 40 de forma periódica y cuando sean requerido para verificar el avance de minado, la correcta asignación de polígonos, el control de los diseños, verificar el material movido perteneciente a polígonos de mineral producto de los disparos efectuados en mina, distinguir zonas insitu de relleno, entre otros.

Figura 40

Levantamiento topográfico de los avances de minado



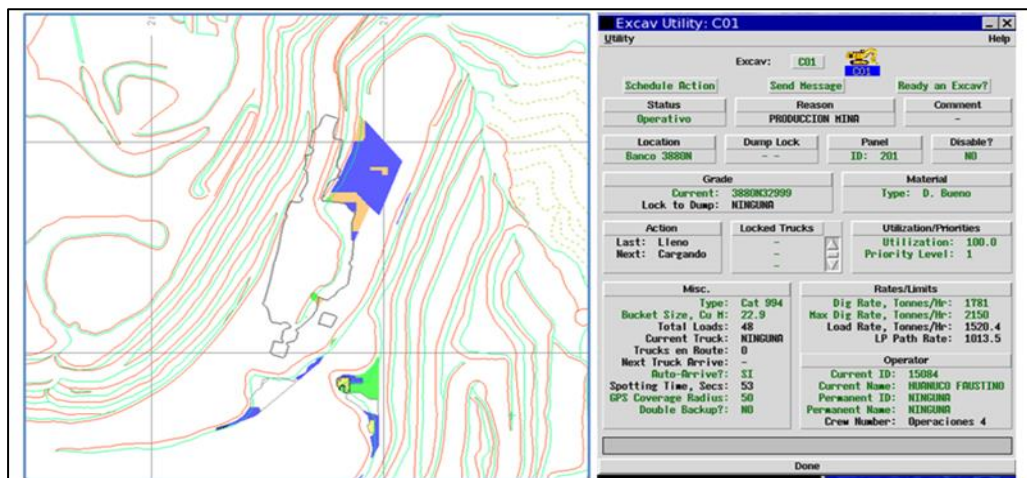
Fuente: Propia

- **Control dispatch**

Diariamente se controla los avances de cargadores (Diglines) para verificar un adecuado minado y control de remanentes en polígonos, además se puede monitorear la asignación de polígonos de cada cargador en tiempo real lo que ayuda a la supervisión saber qué polígono se está minando. Un ejemplo es lo que se muestra en la Figura 41, donde hay un panel que contiene toda la información del equipo en la operación.

Figura 41

Control de minado a través del Dispatch



Fuente: Propia

5.2.3. *Compensación de polígonos*

Debido a múltiples factores (ya mencionados) que afectan el minado de los polígonos se requiere realizar un balance adecuado de cargas (tonelaje) con la finalidad de representar la cantidad o el porcentaje correcto de cada polígono minado, de esta manera determinar en forma segura el tonelaje y ley a reportar.

Se deberá considerar los siguientes puntos en el análisis:

- **Diferencia topográfica**

Con una simple triangulación de la topografía y la intersección de las superficies a analizar se determina el volumen de estudio, tener presente que se requiere la topografía sin rellenos, es decir la topografía insitu.

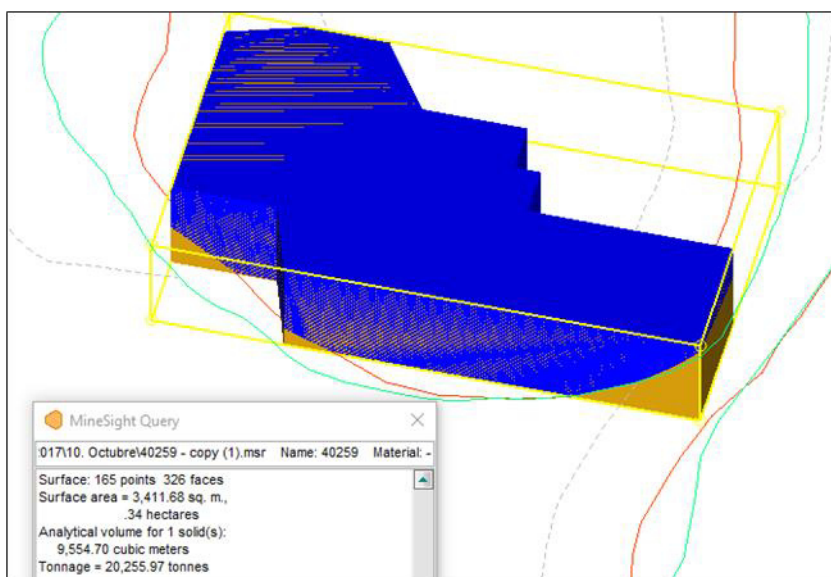
- **Control volumétrico por polígono de mineral minado**

Para una mayor precisión el en cálculo de tonelaje minado por polígono se emplea el cálculo volumétrico por cada polígono de forma individual, de esta manera se obtiene un dato más

confiable ya que no todos los polígonos son minados uniformemente por los desarrollos en el tajo (rampas, accesos, cortes, etc). En la Figura 42 se tiene un sólido azul que representa el porcentaje minado del polígono total (amarillo) y es calculado por medio de la diferencia entre el sólido generado por el diseño del polígono y la superficie topográfica después del minado (insitu), dando como resultado el sólido azul.

Figura 42

Control volumétrico de polígonos



Fuente: Propia

- **Análisis de datos**

Se debe tener los tonelajes de diseño de cada polígono a trabajar para poder realizar una comparación con la información reportada por mina (dispatch), así como la ley de cada polígono minado. Se obtiene el porcentaje de avance de minado y se determina cuáles polígonos necesitan ser compensados para mostrar lo real minado (topográficamente). En la Tabla 9 se muestra una lista de cada polígono minado, su tipo de material, avance de minado en toneladas y porcentaje de cumplimiento.

Tabla 9*Compensación de polígonos minados*

Polígono	Lev Oro	Lev Plata	Tipo Material	Toneladas Diseño	T.Minado a la Fecha	Chanca-dora	Inpit Waste	Inpit Ore	Inpit Pepper	Clay	Rom	Stock	Stock Inpit	Stock Sulfurad	Total Mes Minado	Total Remanente	% Cump.
15367E	0.416	0.000	M. Malo	10,230	0	0	0	0	0	8,532	0	0	1,635	0	10,167	63	99.38
15368E	0.255	0.036	M. Malo	7,905	0	0	0	0	0	0	0	0	7,744	0	7,744	161	97.96
15369E	0.464	5.884	M. Malo	1,675	0	0	0	0	0	636	0	0	1,047	0	1,683	-8	100.48
15370E	0.328	3.578	M. Regular	2,973	0	0	0	0	0	1,272	0	0	1,635	0	2,907	66	97.78
16390E	0.344	0.234	M. Malo	4,170	0	0	0	0	0	905	0	0	1,637	0	2,542	1,628	60.96
16391E	0.498	5.104	M. Regular	7,132	0	0	0	0	0	872	0	0	5,584	0	6,456	676	90.52
16392E	0.545	0.021	M. Regular	4,225	0	0	0	0	0	0	0	0	4,170	0	4,170	55	98.70
16393E	0.498	0.095	M. Regular	7,280	0	0	0	0	0	0	0	0	4,334	0	4,334	2,946	59.53
16394E	0.435	0.354	M. Regular	4,637	0	0	0	0	0	254	0	0	4,430	0	4,684	-47	101.01
16395E	0.345	6.090	M. Malo	9,945	0	0	0	0	0	1,234	0	0	7,687	0	8,921	1,024	89.70
16396E	0.321	0.000	M. Malo	1,572	0	0	0	0	0	0	0	0	1,621	0	1,621	-49	103.12
33191N	0.458	0.872	M. Bueno	9,330	7,121	0	0	0	0	891	0	0	1,433	0	2,324	-115	101.23

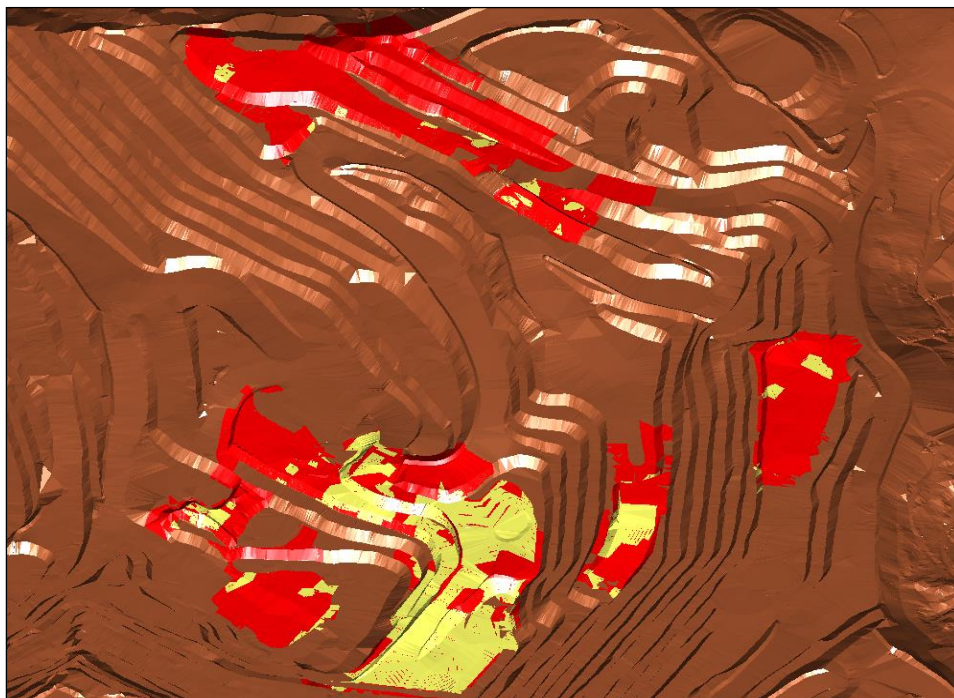
Fuente: Propia

En la Figura 43 se muestra la diferencia topográfica, determinando los polígonos minados y el volumen minado de cada uno. La compensación entre polígonos se realiza con polígonos cercanos a los que se desea evaluar, con ley similar para no alterar la información y pertenecer al mismo banco o zona de minado tal como se observa en la Figura 44.

La variación en el porcentaje del minado de los polígonos se debe a errores en el sistema GPS, mala asignación por parte de los despachadores de mina, falta de información por el área de planeamiento o fallas topográficas (sub y sobre minado). Estas desviaciones no deberán exceder el $\pm 5\%$ por polígono ya que se realiza un reporte de mineral declarado de mina y su equivalente en onzas.

Figura 43

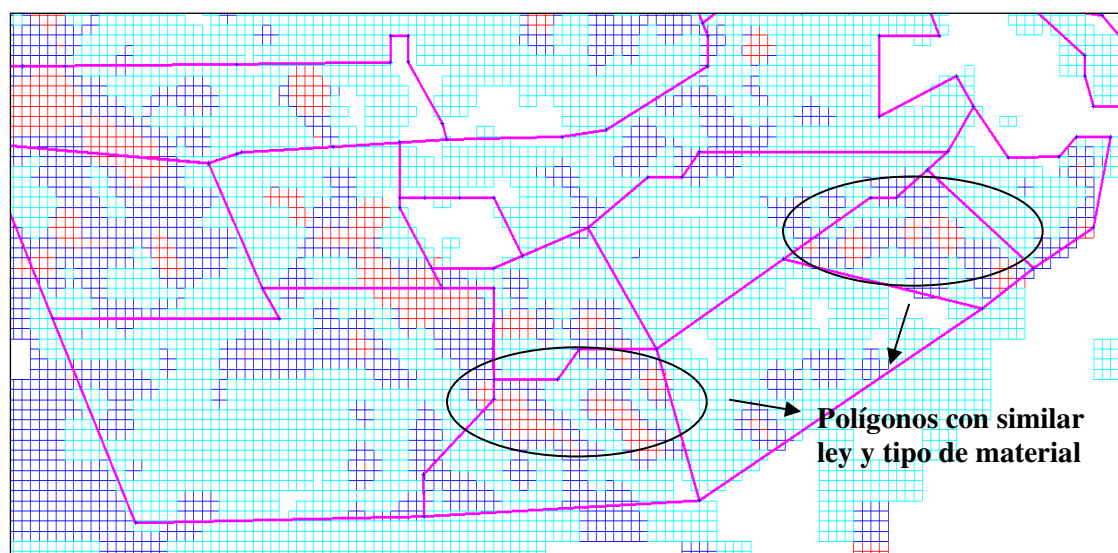
Diferencia volumétrica de áreas de minados



Fuente: Propia

Figura 44

Compensación de polígonos similares características



Fuente: Propia

5.3. Modelo de Reconciliación para medir, controlar y gestionar el proceso de minado

5.3.1. Actualización del modelo de corto plazo

Se actualiza nuevamente el modelo de corto plazo, esto debido a que las leyes de laboratorio de un banco total no son cargadas de inmediato sino de acuerdo con el avance de minado, motivo por el cual se requiere un recálculo de todo el banco en estudio en el periodo de tiempo de análisis (se considera cada mes), para ello se deberá realizar una nueva interpolación con la totalidad de los datos (leyes totales y contornos geológicos).

- **Cargar leyes totales**

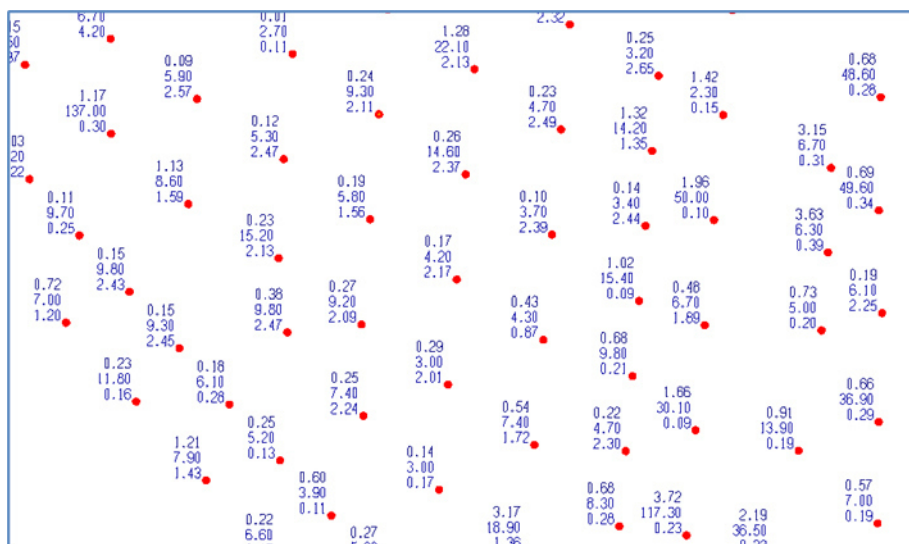
Se carga todas las leyes de las muestras que fueron enviadas al laboratorio, en esta etapa se considera todos los valores deseados como ley de Oro, Plata, S2, SO4 y mineralización. En esta instancia ya se posee las leyes totales tal como se muestra en la Tabla 10 y gráficamente en la Figura 45, donde se parecía cada taladro de producción con sus respectivos análisis por elemento deseado.

Tabla 10

Leyes totales y tipo de mineralización

	# de Muestra	Au	Ag	S Total	SO4	S2	mineralizacion
1	40104-10450	0.31	3.9	2.99	0.88	2.11	ox
2	40104-10474	0.12	2	1.63	0.67	0.96	mix
3	40104-10490	0.32	6.3	2.9	0.99	1.91	ox
4	40104-10510	0.99	7.3	1.02	0.45	0.57	ox
5	40104-10530	0.29	5.6	3.71	1.55	2.16	ox
6	40104-10550	1.26	15.7	3.41	1.5	1.91	ox
7	40104-10570	0.18	3.8	3.41	1.26	2.15	mix
8	40104-99230	1.02	22.2	2.89	1.01	1.88	ox
9	40104-10590	0.37	10.5	3.03	1.33	1.7	ox
10	40104-10610	0.2	6.8	3.28	1.43	1.85	mix
11	40104-10630	0.24	12.4	3.34	1.27	2.07	ox
12	40104-10657	0.17	6.6	1.42	0.59	0.83	mix
13	40104-10670	0.05	0.2	0.61	0.41	0.2	mix
14	40104-10690	0.16	2.3	2.76	1.25	1.51	mix
15	40104-30620	1.63	25.7	1.83	0.77	1.06	ox
16	40104-99231	0.01	<0.2	0.09	0.09	<0.01	mix

Fuente: Propia

Figura 45*Banco con leyes completas en los taladros**Fuente: Propia*

- **Generar contornos geológicos completos**

Para un adecuado proceso de interpolación global del banco se requiere verificar que se encuentre actualizada las características geológicas de cada nivel, luego se actualiza el modelo de bloques geológico para cada unidad geológica estudiada (alteración, dureza, porcentaje de finos y posición de roca). Ver sección [5.1.4](#).

- **Re-interpolar bancos minado**

La necesidad de volver a interpolar es debido a que se realizó este proceso de acuerdo con la recepción de las leyes de las muestras de laboratorio, es decir, inicialmente se interpola zonas aisladas y cuando se tiene un banco o nivel completo se requiere realizar un nuevo análisis para observar el comportamiento global del banco. El proceso de interpolación realiza una búsqueda de leyes dentro de un radio de influencia buscando la menor varianza, generando nuevas leyes en los bloques por la información de los nuevos taladros insertados. Ver sección [5.1.5](#).

Los polígonos creados basados en anteriores interpolaciones modificarán su ley, pero no su tonelaje.

5.3.2. Modelo de largo plazo – análisis

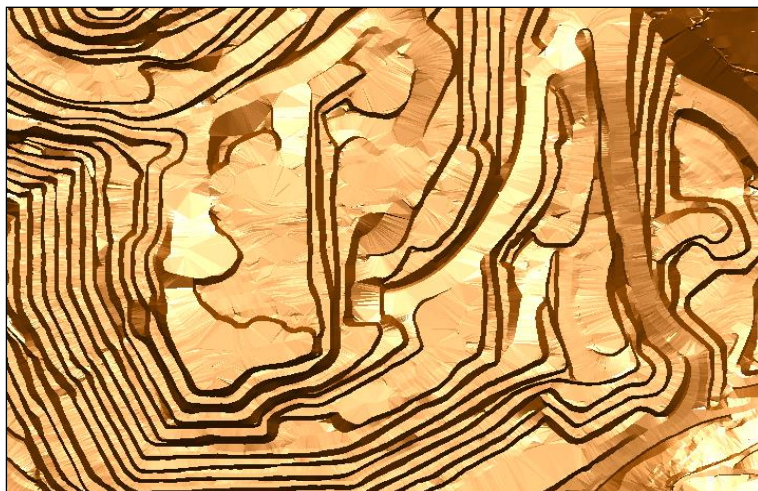
5.3.2.1. Creación de sólido por periodo de minado (mes)

Para poder evaluar la efectividad de nuestros modelos es necesario trabajar en base a un reporte del área de trabajo, se crea un sólido a partir de la diferencia topográfica; se usa la topografía de inicios de mes y la de cierre y se obtiene un volumen minado el cual corresponde a la zona de extracción sin rellenos.

La Figura 46 muestra la topografía base la cual se toma como fundación para realizar el cálculo volumétrico, esta topografía no presenta minado alguno (en el mes de análisis) y trabaja como base para los cálculos posteriores.

Figura 46

Topografía inicio de mes

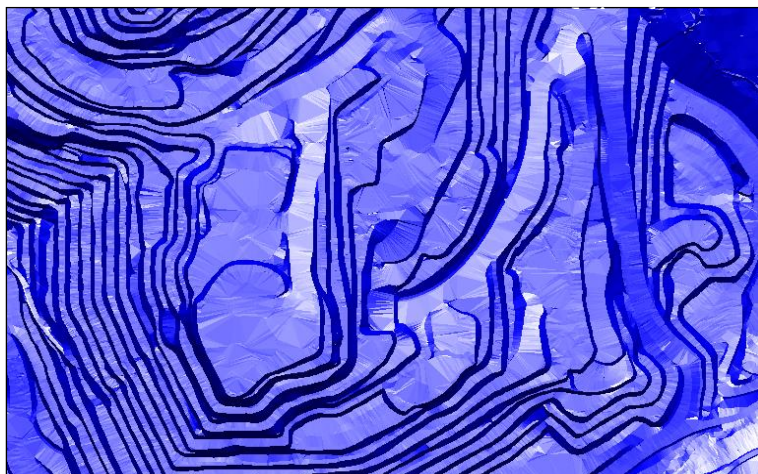


Fuente: Propia

En la Figura 47 se muestra el avance de minado, esta es la topografía final en la cual se calcula por diferencia de superficies (con respecto a la topografía base) el volumen minado.

Figura 47

Topografía fin de mes

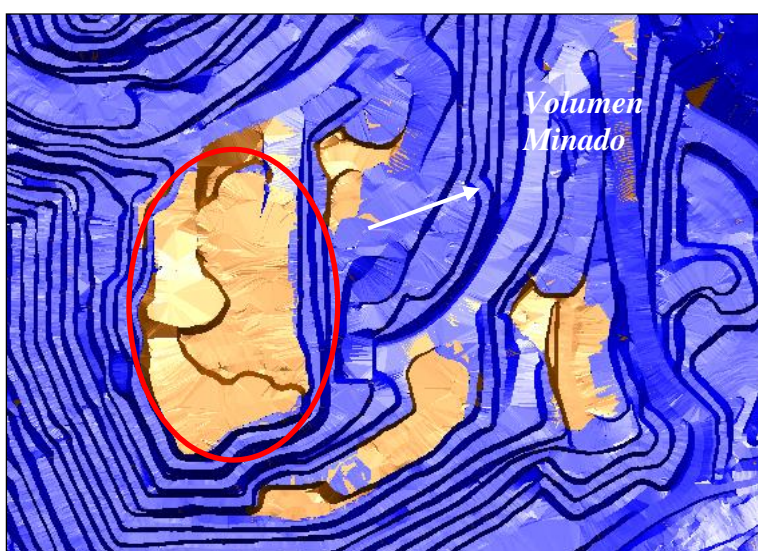


Fuente: Propia

De la intersección de las dos topografías se genera un sólido el cual representa el tonelaje minado, en la Figura 48 se observa la intersección de las dos superficies topográficas determinado el sólido minado.

Figura 48

Volumen de minado – solido



Fuente: Propia

Para poder calcular el volumen del sólido se usa la herramienta “intersect Surface Tool”, esta herramienta intercepta las dos topografías dando como resultado el sólido deseado. Se debe tener un sólido cerrado en cual se pueda calcular los bloques económicos minados, así como los bloques estériles, este proceso es sencillo de calcular a través de diversos softwares.

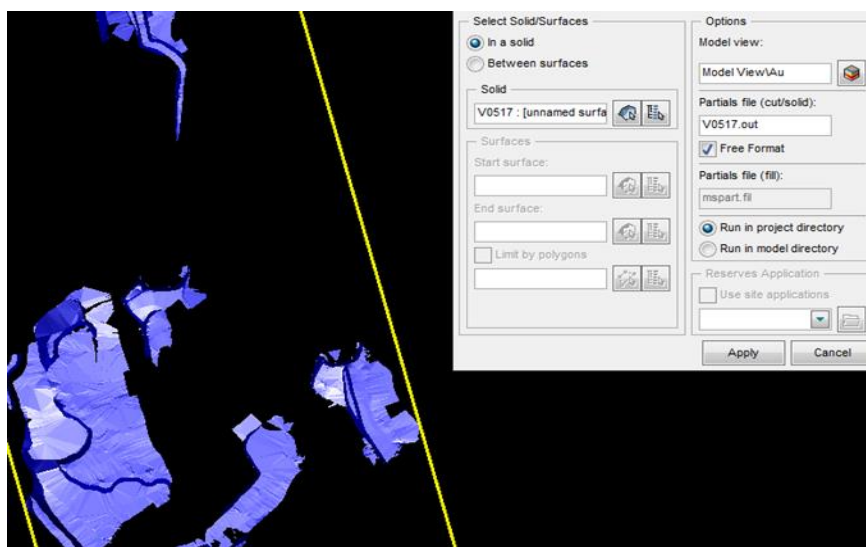
Una vez creado el sólido se deberá eliminar las caras de superficies creadas por la inexactitud de la triangulación que no representan volumen o zona minada.

5.3.2.2. Cálculo de reservas del modelo de bloques de largo plazo

Una vez obtenido el sólido del área de trabajo se genera un reporte de reservas, este reporte contiene información de largo plazo, señalando la ley y tonelajes por bancos. La mineralización favorable se encuentra en la zona de óxidos, entonces, se tendrá que poner restricciones, filtrando por mineralización u ley de corte de las zonas minadas en el caso sea un análisis detallado. Se crea un archivo de salida que relacione al sólido con el modelo de bloques tal como se muestra en la Figura 49, usando el comando: “Generate Partials Tool”. Se crea un archivo de salida .out.

Figura 49

Archivo de salida y sólido reservas



Fuente: Propia

Dependiendo de la ley de corte (02. g/t de Au) con que se trabaje se configura el reporte, de esta manera separamos mineral y desmonte, calculando el Stripping Rate.

En la Tabla 11 se muestra las 3 categorías de mineralización: Óxidos (1), Mixtos (2) y Sulfuros (3) además de la separación por la ley de corte.

Se define los campos MAU, MAG, SGSEC, MAUR y MAGR de acuerdo con el modelo de bloques de largo plazo, donde:

- **MAU:** ley de oro en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).
- **MAG:** ley de plata en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).
- **SGSEC:** gravedad específica en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).
- **MAUR:** ley de oro recuperable en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).
- **MAGR:** ley de plata recuperable en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).

Tabla 11

Reporte de reservas de largo plazo

BENCH TOE	INSITU ORE (BCMS)	INSITU ORE (TONNES)	RUN OF MINE (TONNES)	WASTE TOTAL (TONNES)	ROM S/R	INSITU GRADES MAU	MAG	SGSEC	MAUR	MAGR
4020.0	133.	303.	303.	74.	0.24	0.059	3.03	2.281	0.0465	0.4243
4010.0	21873.	49844.	49844.	47404.	0.95	0.120	5.29	2.282	0.0945	0.7413
4000.0	84.	190.	190.	0.	0.00	0.223	5.83	2.276	0.1758	0.8168
3970.0	562.	1289.	1289.	0.	0.00	0.116	0.72	2.293	0.0910	0.1007
3960.0	35651.	82033.	82033.	51383.	0.63	0.109	0.64	2.303	0.0858	0.0891
3950.0	24.	56.	56.	21.	0.37	0.099	0.82	2.347	0.0777	0.1143
3940.0	464.	1092.	1092.	0.	0.00	0.235	6.27	2.351	0.1849	0.8777
3930.0	21794.	51041.	51041.	3898.	0.08	0.199	4.64	2.343	0.1579	0.6499
3920.0	57047.	131704.	131704.	14363.	0.11	0.276	2.33	2.311	0.2180	0.3258
3910.0	537.	1264.	1264.	0.	0.00	0.187	1.29	2.354	0.1467	0.1805
3900.0	42.	98.	98.	53.	0.54	0.082	0.34	2.333	0.0651	0.0483
3890.0	21101.	47686.	47686.	32513.	0.68	0.078	0.61	2.265	0.0630	0.0856
3880.0	18289.	41882.	41882.	47082.	1.12	0.005	0.35	2.291	0.0038	0.0488
3870.0	20401.	46702.	46702.	84440.	1.81	0.056	1.33	2.290	0.0450	0.1867
3860.0	140416.	318691.	318691.	276091.	0.87	0.289	5.54	2.271	0.2330	0.7751
3850.0	133069.	302662.	302662.	107998.	0.36	0.376	10.25	2.276	0.3028	1.4347
3840.0	2269.	5293.	5293.	566.	0.11	0.153	5.29	2.333	0.1220	0.7404
3780.0	1178.	2716.	2716.	3500.	1.29	0.051	1.27	2.306	0.0413	0.1781
3770.0	665.	1517.	1517.	2718.	1.79	0.037	3.45	2.282	0.0304	0.4829
TOTAL	475601.	1086063.	1086063.	672104.	0.62	0.254	5.41	2.286	0.2035	0.7579
RUN#***** Page 13 METL 708V1 Date 06-18-2017 Time 10:42:06										

Fuente: Propia

Se reportan las reservas por banco minado según el análisis del sólido topográfico. Debido a la intersección de las topografías se genera sólidos en zonas no minadas, esto debido a la diferencia mínima o error de levantamiento topográfico, aunque suelen ser mínimos y no afectan al balance volumétrico es preferible no considerarlas.

5.3.3. *Modelo de corto plazo – análisis*

5.3.3.1. Sin polígonos

Se usa el mismo sólido que se generó para el análisis de largo plazo, la diferencia es que se extrae las reservas actualizadas al modelo de corto plazo.

Se define los campos AU, AG, SGSEC, AUR y AGR de acuerdo al modelo de bloques de corto plazo, donde:

- **AU:** ley de oro en el modelo de corto plazo (modelos de bloques).
- **AG:** ley de plata en el modelo de corto plazo (modelos de bloques).
- **SGSEC:** gravedad específica en el modelo de largo plazo (modelos de bloques).
- **AUR:** ley de oro recuperable en el modelo de corto plazo (modelos de bloques).
- **AGR:** ley de plata recuperable en el modelo de corto plazo (modelos de bloques).

Se denomina “sin Polígonos” debido a que posee bloques actualizados por los taladros de voladura e información geológica (modelo de corto plazo), pero no contempla la información de los polígonos creados para el minado, solo considera los bloques económicos dentro de la zona minada.

Para minar se requiere polígonos que delimiten el área de trabajo, pero en esta sección no se considera dicho diseño, de esta manera se puede calcular cuánto mineral se ha abandonado por su capacidad de no ser minable (SMU) y la dilución que hemos generado en el proceso.

Para extraer el reporte será de la misma manera que el caso de largo plazo como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Reporte de reservas de corto plazo sin polígonos

BENCH TOE	INSITU ORE (BCMS)	INSITU ORE (TONNES)	RUN OF MINE (TONNES)	WASTE TOTAL (TONNES)	ROM S/R	INSITU AU	GRADES AG	SGSEC	AUREC	AGREC
4020.0	133.	303.	303.	74.	0.24	0.1875	1.9692	2.281	0.1488	0.2756
4010.0	21757.	49582.	49582.	47666.	0.96	0.3364	5.0001	2.282	0.2684	0.7000
4000.0	84.	190.	190.	0.	0.00	0.2225	5.8343	2.276	0.1758	0.8168
3970.0	561.	1286.	1286.	3.	0.00	0.0534	0.5403	2.293	0.0420	0.0756
3960.0	32790.	75455.	75455.	57961.	0.77	0.2615	2.2769	2.303	0.2116	0.3188
3950.0	18.	41.	41.	35.	0.86	0.5568	2.2144	2.342	0.4600	0.3101
3940.0	464.	1092.	1092.	0.	0.00	0.3992	10.2013	2.351	0.3205	1.4282
3930.0	21792.	51035.	51035.	3904.	0.08	0.3230	12.1855	2.343	0.2576	1.7060
3920.0	57017.	131635.	131635.	14432.	0.11	0.2612	2.9945	2.311	0.2066	0.4192
3910.0	164.	386.	386.	877.	2.27	0.2115	1.7332	2.360	0.1659	0.2427
3900.0	42.	98.	98.	53.	0.54	0.2396	0.4415	2.333	0.1894	0.0617
3890.0	21057.	47581.	47581.	32617.	0.69	0.1079	0.4459	2.265	0.0855	0.0624
3880.0	8383.	19261.	19261.	69704.	3.62	0.0200	0.4297	2.299	0.0158	0.0602
3870.0	16535.	37852.	37852.	93290.	2.46	0.0724	1.2366	2.290	0.0576	0.1731
3860.0	139176.	315869.	315869.	278913.	0.88	0.3101	6.2111	2.271	0.2489	0.8696
3850.0	140372.	319139.	319139.	91522.	0.29	0.6002	14.3939	2.275	0.4922	2.0152
3840.0	1502.	3527.	3527.	2332.	0.66	0.1298	4.8919	2.348	0.1034	0.6849
3780.0	480.	1101.	1101.	5115.	4.65	0.0904	1.5642	2.294	0.0723	0.2190
3770.0	665.	1517.	1517.	2718.	1.79	0.0374	3.4495	2.282	0.0304	0.4829
TOTAL	462992.	1056950.	1056950.	701216.	0.66	0.3656	7.6694	2.285	0.2961	1.0737
RUN#***** Page 13 METL 708V1 Date 06-18-2017 Time 10:44:17										

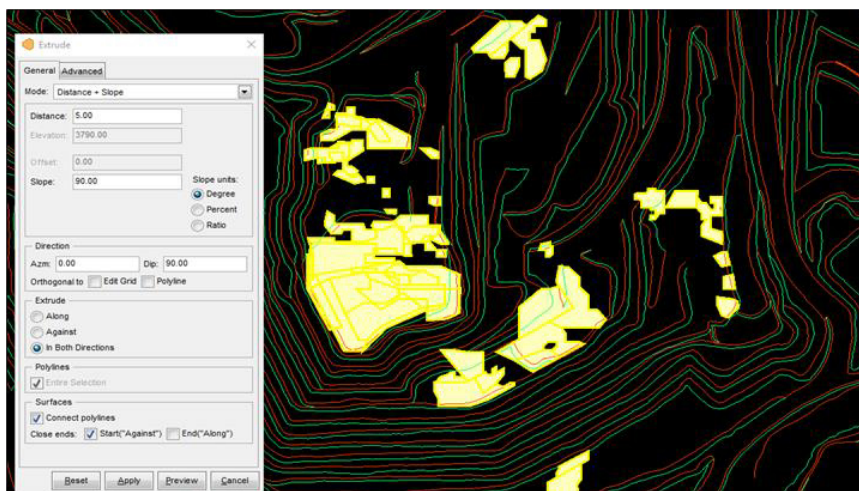
Fuente: Propia

5.3.3.2. Con polígonos

En esta sección se realiza un análisis más detallado, ya que considera solo los polígonos de mineral dentro del área minada. En este análisis no entra por completo el polígono creado, solo se considera la parte del polígono minado. Para extraer el reporte se necesita crear un sólido que contenga los polígonos de mineral minado como se evidencia en la Figura 50, para lo cual usaremos la base de los polígonos diseñados. Una vez identificados los polígonos que ingresar a nuestro análisis se genera sólidos de todos ellos, luego se deberá cortar con las topografías que limitan la zona minada. Para este ejercicio se usa la herramienta “Extrude”, dependiendo de la creación de los polígonos si fue en línea media o toe se realizará un sólido de la altura del banco de minado (10 metros o 5 de la línea media arriba y abajo con inclinación de 90 grados).

Figura 50

Polígonos de mineral diseñados en zona minada

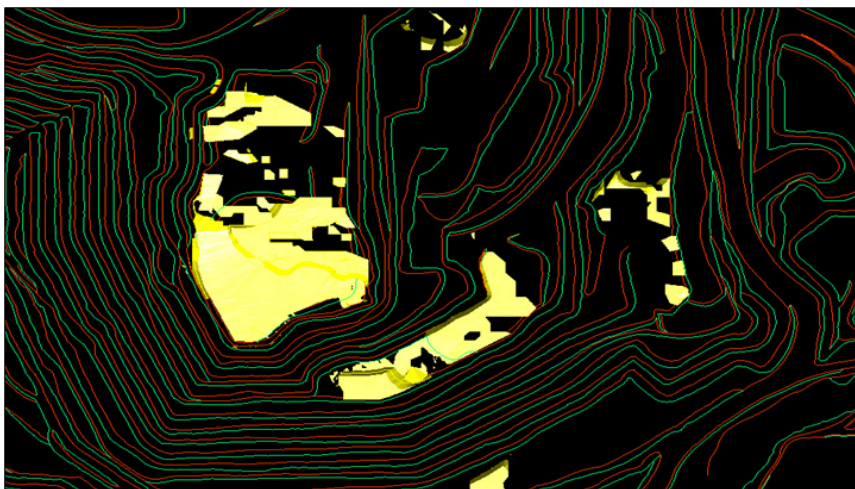


Fuente: Propia

Este método es mucho más eficiente que realizar un análisis en dos dimensiones de los polígonos minados, ya que no solo ingresa el análisis de área minada, sino que determina el volumen minado, tal como se observa en la Figura 51, considerando todas las labores realizadas para acceder al minado, como lo son las rampas, donde no se mina a nivel completo el polígono.

Figura 51

Solido de polígonos para análisis de reservas



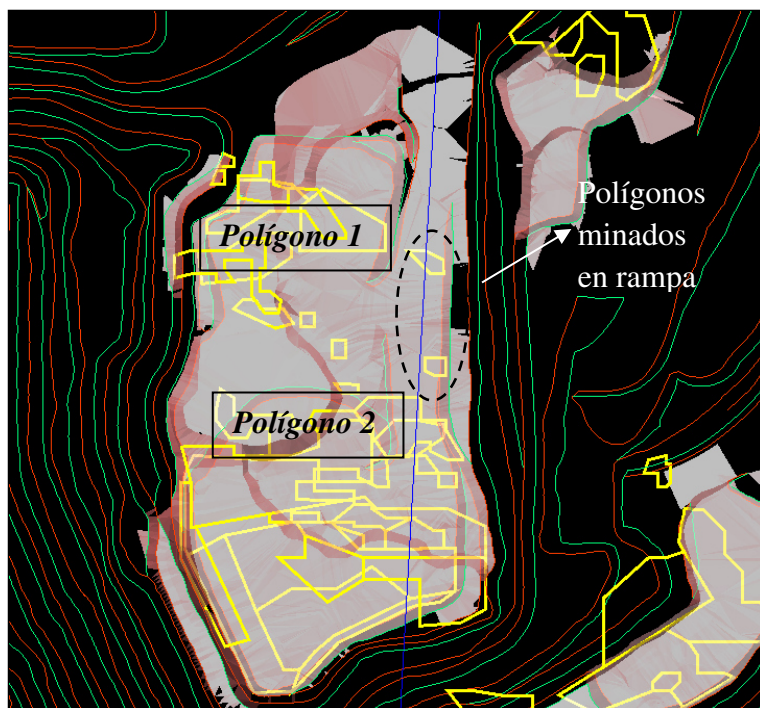
Fuente: Propia

- **Análisis del cálculo para reservas con polígonos**

El porqué de usar este método volumétrico, es debido a que en zonas donde se tenga desarrollos de mina como rampas, acceso u otros, se puede calcular a detalle lo real minado, ya que en rampa se deja material para su conformación. Con el método de la línea media es complicado determinar de manera exacta el tonelaje minado en estas labores, debido a que solo se guía de una línea media o toe (no representa la realidad del minado). En la Figura 52 se observa polígonos minados en una rampa, pero debido a la irregularidad de la pendiente no se sabrá al cien por ciento el volumen real minado con proyecciones en planta, en cambio, en la Figura 53 se aprecia a detalle el volumen minado dentro de la rampa, realizando un análisis tridimensional.

Figura 52

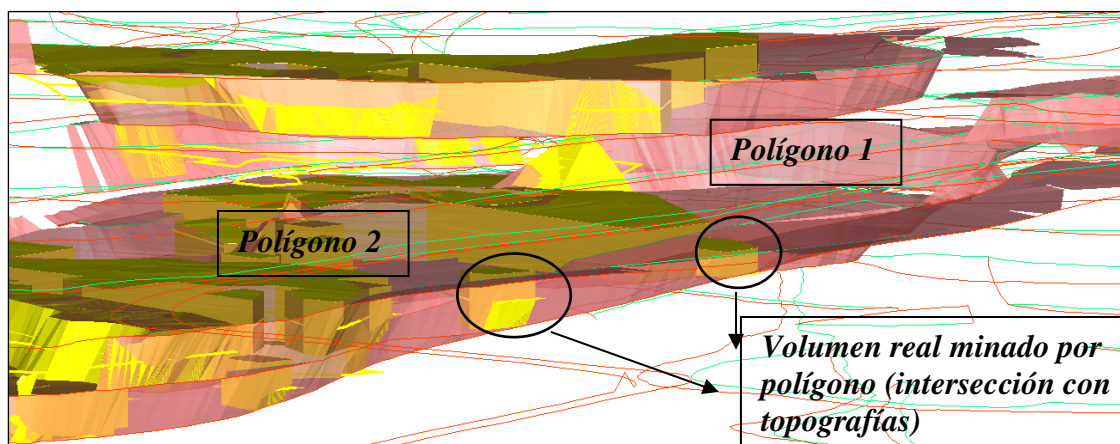
Polígonos minados en rampa



Fuente: Propia

Figura 53

Optimo volumen minado de polígonos en zona de rampa

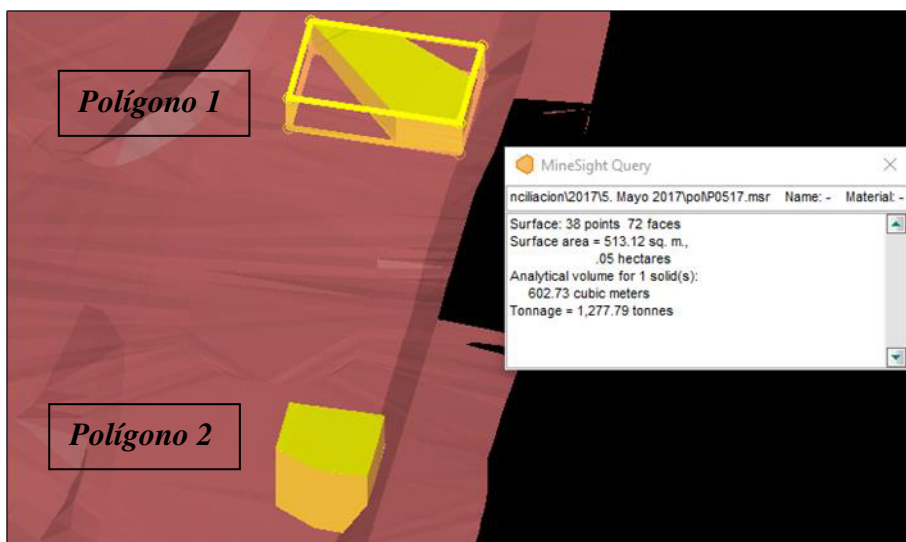


Fuente: Propia

En las Figuras 54 y 55 se muestra el análisis volumétrico de los polígonos minados, estos volúmenes son calculados a partir de la topografía base y de cierre. Dando como resultado para el polígono 1 un volumen minado de 602.7 m³ y para el polígono 2 de 978.7 m³.

Figura 54

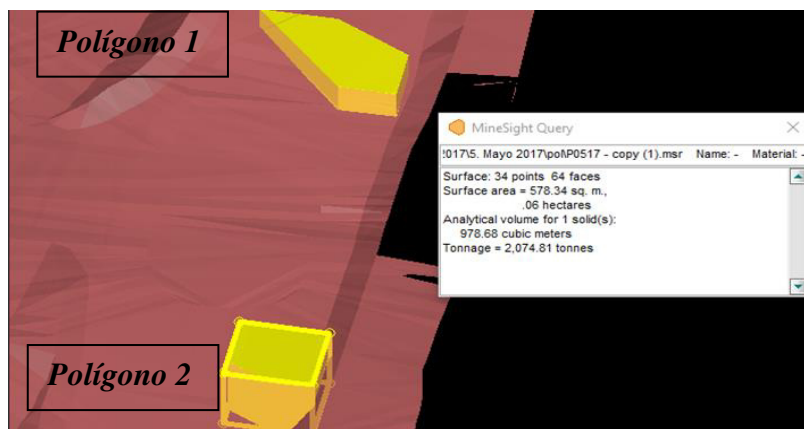
Volumen minado Polígono 1 (602.7 m³)



Fuente: Propia

Figura 55

Volumen minado Polígono 2 (978.7 m³)

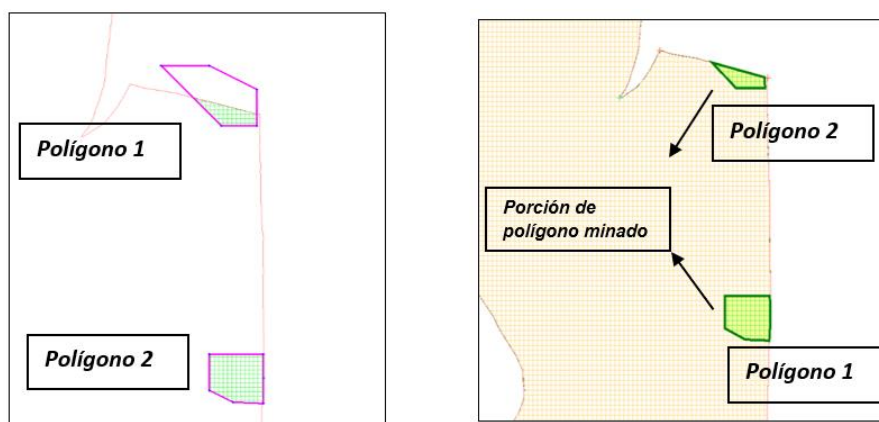


Fuente: Propia

En la Figura 56 se muestra el análisis por vista en planta (nivel) de los mismos polígonos mostrados en la Figura 53, mostrando el diseño de los polígonos y el área minada intersecada por la línea media, generando el área verde que representa la porción del polígono minado en el desarrollo de una rampa.

Figura 56

Porción de polígono minado



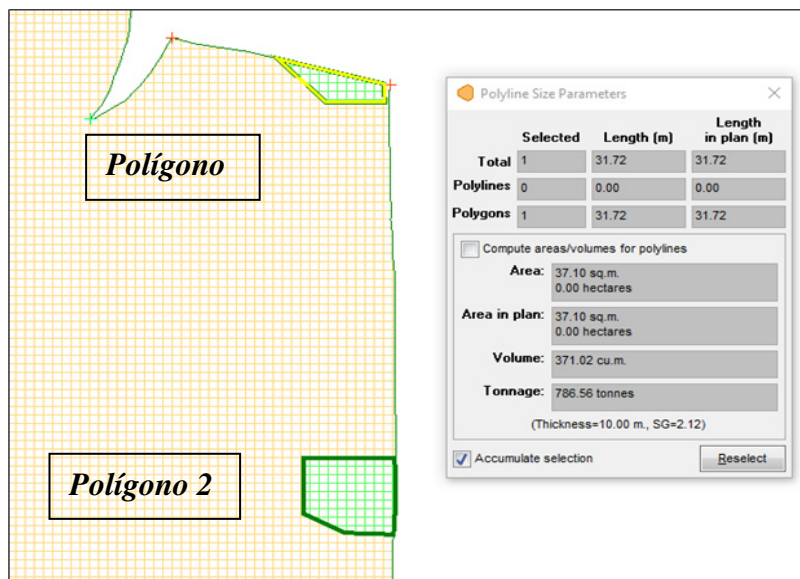
Fuente: Propia

En las Figuras 57 y 58 se muestran los análisis volumétricos de los polígonos minados, estos volúmenes son calculados a partir de la línea media considerando 10 metros de altura de

banco. Dando como resultado un volumen para el polígono 1 de 371 m³ y para el polígono 2 de 1,067.7 m³.

Figura 57

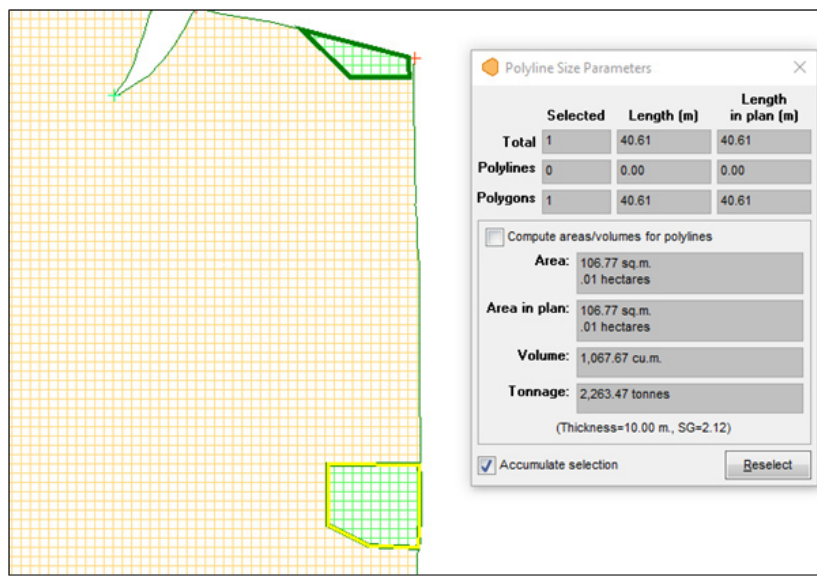
Volumen polígono 1 (371 m³) calculado en 2D por altura



Fuente: Propia

Figura 58

Volumen polígono 2 (1,067.7 m³) calculado en 2D por altura



Fuente: Propia

Como se observa en la tabla 13 al momento de hacer un cálculo mediante la línea media se posee un mayor error, ya que no considera por completo las labores mineras como en este caso la rampa de desarrollo.

Resumen:

Tabla 13

Comparación de métodos de cálculo

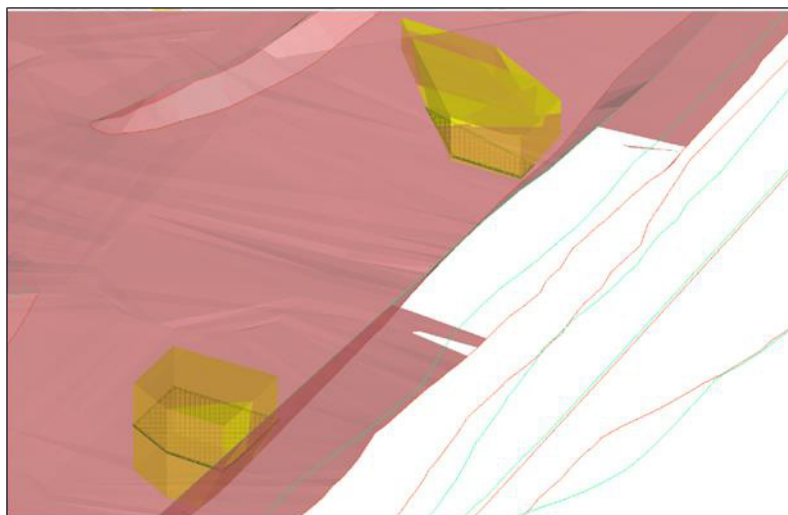
	Método		Error (%)
	Línea Media (vol m3)	Volumétrico (vol m3)	
Polígono 1	371.02	602.73	-38%
Polígono 2	1,067.67	978.68	9%

Fuente: Propia

Este error se representa de forma visual en la Figura 59, mostrando como el volumen minado de cada polígono es afectado por el desarrollo de la rampa impidiendo su completo minado. En líneas y achurado verde el cálculo bidimensional y en sólidos amarillos en análisis volumétrico.

Figura 59

Vista de los dos métodos de calculo



Fuente: Propia

Si no se tiene la certeza de la lista exacta de todos los polígonos minados es preferible abarcar la mayor cantidad de polígonos cerca al área de minado, al final serán eliminados los que no entren al balance por la diferencia topográfica.

En este caso como la información proviene de los polígonos de producción no se disgregará por tipo de mineralización ya que todo mineral económicamente minado y enviado al proceso se caracteriza por pertenecer a la zona de óxidos (en su mayor parte), además por su denominación de polígonos son enviado a chancadora o algún stock para su posterior mezcla (Blending) y pueda ingresar al proceso de chancado. Se muestra en la Tabla 14 el resumen de las reservas obtenidas de los polígonos minados.

Tabla 14

Reporte de reservas de polígonos

BENCH TOE	INSITU ORE (BCMS)	INSITU ORE (TONNES)	RUN OF MINE (TONNES)	WASTE TOTAL (TONNES)	ROM S/R	INSITU AU	GRADES AG	SGSEC	AUREC	AGREC
4010.0	14268.	32759.	32759.	7908.	0.24	0.4262	5.7904	2.299	0.3411	0.8107
3960.0	12648.	29059.	29059.	7562.	0.26	0.5109	4.7296	2.299	0.4161	0.6655
3930.0	16354.	38274.	38274.	1040.	0.03	0.3684	11.3302	2.341	0.2945	1.5862
3920.0	36486.	84355.	84355.	2719.	0.03	0.3305	3.1922	2.314	0.2618	0.4469
3890.0	2667.	6191.	6191.	214.	0.03	0.3871	0.3629	2.322	0.3092	0.0509
3870.0	997.	2303.	2303.	3.	0.00	0.4578	4.1328	2.312	0.3679	0.5785
3860.0	87954.	199527.	199527.	25407.	0.13	0.4030	7.0804	2.270	0.3245	0.9913
3850.0	112679.	256043.	256043.	32429.	0.13	0.6517	15.0097	2.274	0.5350	2.1014
TOTAL	284053.	648511.	648511.	77281.	0.12	0.4958	9.7110	2.285	0.4026	1.3597
RUN#***** Page 10 METL 708V1 Date 06-18-2017 Time 10:44:46										

Fuente: Propia

5.3.4. D.O.M – análisis

El D.O.M o mineral declarado de mina por sus siglas en inglés (Declared of Mine), corresponde a todo el mineral minado enviado al proceso o a un stock de acuerdo con sus características geológicas y mineralógicas. Este mineral ha sido contabilizado por los equipos de acarreo que han trasladado el mineral a los diferentes destinos según su tipo y necesidad.

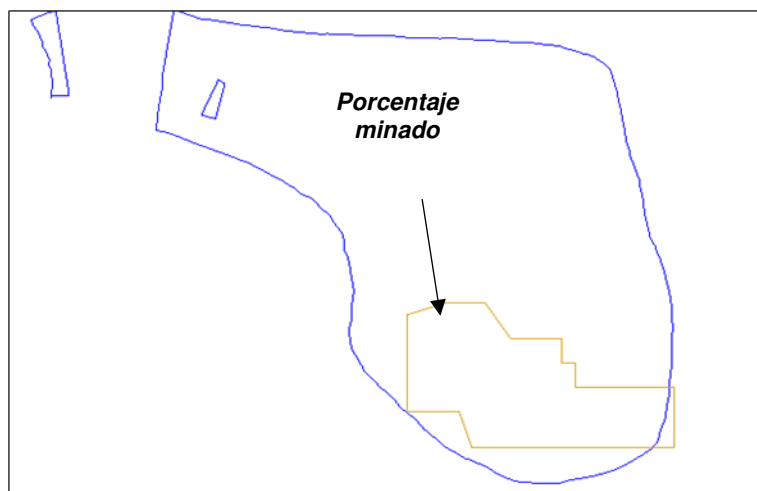
El D.O.M proviene de los polígonos extraídos de las fases de minado y reporta únicamente la porción de los polígonos minados en un periodo. Este reporte está ligado al Control de mineral, si no se tiene un adecuado control en el proceso se puede tener los siguientes errores:

- **Variaciones en lo real minado**

Variaciones en la cantidad real de tonelaje minado por polígono de mineral, ya sea por encima del tonelaje de diseño o por debajo de este, motivo por el cual se deberá realizar compensación de cargas por polígono minado basados en levantamientos topográficos, como se muestra en la Figura 60 solo el mineral minado será el que se encuentre dentro de la envolvente azul (minado). Es porcentaje es el reportado por el movimiento de los equipos de acarreo.

Figura 60

Porcentaje de mineral minado



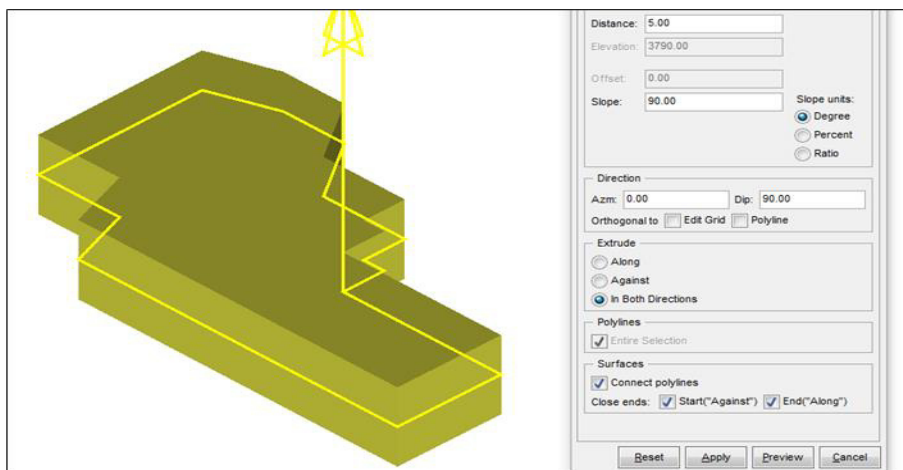
Fuente: Propia

Para determinar el porcentaje real minado de cada polígono se realiza un cálculo del volumen de diseño y del volumen minado tal como se muestra en la Figura 61. Una vez que se tiene el volumen de diseño se procederá a cortar este sólido con las topografías que acotan el área minada, de esta manera se determina el volumen real minado. Este análisis es más detallado que

el modelo de corto plazo con polígonos ya que se requiere un seguimiento minucioso de cada polígono para poder generar un reporte de lo minado.

Figura 61

Cálculo de volumen total de diseño de polígono



Fuente: Propia

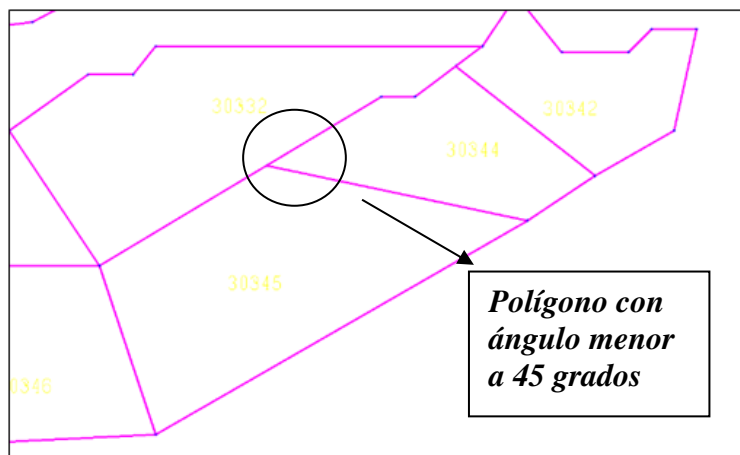
En este ejemplo se tiene:

- Volumen de diseño: 9,983 m³
- Volumen minado: 9,954 m³

Por lo tanto, el avance de minado a la fecha de: $(9,954 / 9,983) * 100 = 99.7 \%$. Es decir que durante todo el periodo de minado desde la creación del polígono se ha minado a un 99.7%, dejando un 0.3% sin minar (este 0.3% será minado en el siguiente periodo de análisis).

- **Mal diseño de polígonos en gabinete**

Se considera el SMU (selective mining unit) válido para la operación, como se observa en la Figura 62 el diseño de un vértice del polígono es inferior a 45 grados lo que ocasionará una mayor dilución operativa y será más difícil para el equipo de carguío poder hacer la diferenciación con polígonos vecinos (dependiendo de la dirección de minado), causando dilución, o incorrecta asignación de cargas minadas a polígonos que no corresponden. Ver sección [5.2.1.1](#)

Figura 62*Mal diseño de polígonos**Fuente: Propia*

- **Controles de minado**

Evitar causar un sobre minado de los polígonos o abarcando el nivel inferior (minado zonas no perforadas). Se deberá tener un buen control topográfico diario colocando plantillas, para más detalle ver sección [5.2.1.2](#)

- **El derrame de mineral de bancos superiores**

Se maneja de una forma separa a los polígonos y se coloca la ley ponderada de estos (o usar el modelo de bloques remanentes) que generaron el derrame bancos arriba, no se incluye en el proceso de análisis ya que sale de nuestro balance volumétrico, pero si se contabiliza en el cálculo de onzas.

En un mayor grado de análisis se puede generar un volumen del remanente de polígonos no minados hacia la cresta y realizar un cálculo de reservas de todos los bancos involucrados.

El la Figura 63 se observa el material sobre los taludes inferiores provenientes de los remanentes mínimos de los polígonos minado y de la nivelación de las plataformas de perforación,

motivo por el cual no todos los polígonos llegan al 100% de minado según su diseño. En otros casos es material estéril (desmonte) el cual posteriormente es llevado a los botadores.

Figura 63

Derrame de mineral de polígonos



Fuente: Propia

5.3.4.1. Compensación de Polígonos minados- Ajuste porcentual.

En la operación por temas operativos, falla de precisión de los equipos, mal control topográfico, etc. se puede generar un sobre o sub minado de cada polígono, reportando información de tonelaje y ley minada de forma incorrecta, motivo por el cual se deberá compensar las cargas de cada uno de los polígonos minados, ver sección [5.2.2.](#)

5.3.4.2. Base de datos

Una vez que se identifica la cantidad de cada polígono minado y se realiza una adecuada compensación, se procede a ingresar la nueva información a la base de datos ya sea SQL u otra base de datos a usar (base de datos donde contenga la información de los polígonos creados).

5.3.4.3. Cálculo de mineral minado por fase o banco de minado

Para un análisis por banco de mineral minado se realiza una tabla, como se muestra en la Tabla 15, de todos los polígonos minados en el mes, así como sus destinos ya sea a chancadora o a stocks, su ley y porcentaje de recuperación. Se deberá identificar el tonelaje minado, leyes y el destino final del material extraído de cada polígono.

El porcentaje de recuperación dependerá si se analiza por zonas o por tipo de mineralización, usualmente este porcentaje de recuperación es enviada por el área de Procesos, en caso contrario se deberá aplicar un algoritmo por tipo de mineralización dependiendo del tipo de yacimiento y mina.

Tabla 15

Tabla de polígonos compensados

Polígono	Lev Oro	Lev Plata	Tipo Material	Toneladas Diseño	T.Minado a la Fecha	Chancadora	Inpit Waste	Inpit Ore	Inpit Pepper	Clay	Rom	Stock	Stock Inpit	Stock Sulfurad	Total Mes Minado	Total Remanente	% Cump.
15367E	0.416	0.000	M. Malo	10,230	0	0	0	0	0	8,532	0	0	1,635	0	10,167	63	99.38
15368E	0.255	0.036	M. Malo	7,905	0	0	0	0	0	0	0	0	7,744	0	7,744	161	97.96
15369E	0.464	5.884	M. Malo	1,675	0	0	0	0	0	636	0	0	1,047	0	1,683	-8	100.48
15370E	0.328	3.578	M. Regular	2,973	0	0	0	0	0	1,272	0	0	1,635	0	2,907	66	97.78
16390E	0.344	0.234	M. Malo	4,170	0	0	0	0	0	905	0	0	1,637	0	2,542	1,628	60.96
16391E	0.488	5.104	M. Regular	7,132	0	0	0	0	0	872	0	0	5,584	0	6,456	676	90.52
16392E	0.545	0.021	M. Regular	4,225	0	0	0	0	0	0	0	0	4,170	0	4,170	55	98.70
16393E	0.498	0.095	M. Regular	7,280	0	0	0	0	0	0	0	0	4,334	0	4,334	2,946	59.53
16394E	0.435	0.354	M. Regular	4,637	0	0	0	0	0	254	0	0	4,430	0	4,684	-47	101.01
16395E	0.345	6.090	M. Malo	9,945	0	0	0	0	0	1,234	0	0	7,687	0	8,921	1,024	89.70
16396E	0.321	0.000	M. Malo	1,572	0	0	0	0	0	0	0	0	1,621	0	1,621	-49	103.12
33191N	0.458	0.872	M. Bueno	9,330	7,121	0	0	0	0	891	0	0	1,433	0	2,324	-115	101.23
33192N	0.593	1.747	M. Bueno	5,550	3,480	0	0	0	0	0	0	0	2,304	0	2,304	-234	104.22

Fuente: Propia

Se realiza un resumen únicamente por bancos para hacer la comparación de modelos en la reconciliación.

5.3.5. Contaminación o Clay

Al igual que el análisis para el mineral se trata al clay, que es la parte contaminada del polígono minado. Se tiene el mismo procedimiento de análisis por banco, tonelaje, ley y

recuperación. Se determina la cantidad de mineral contaminado que no fue enviada al proceso ya que por contener agentes que pueden dificultar el proceso de lixiviación son enviados a botaderos definidos y es contabilizado en el balance de cargas de cada polígono.

5.3.6. Análisis comparativo de modelos

Se realiza un análisis de los modelos con la finalidad de compararlos y medir la efectividad de estos, así como medir desviaciones en la operación y cumplimiento de los planes de minado.

Se tiene el resumen de todos los modelos explicados anteriormente:

5.3.6.1. Reporte de mineral declarado de mina (DOM)

En la Tabla 16 (mes 10) se muestra el tonelaje por niveles, así como las leyes relacionadas con cada banco de minado, por defecto se calcula las onzas extraídas por cada nivel para el mineral reportado por mina, esta etapa engloba todas las actividades de control que se realizaron para un adecuado y confiable reporte de mineral.

Tabla 16

Mineral declarado por mina

		TOTAL DOM					
	FECHA	TON-TOTAL ORE	VOL-TOTAL ORE	SG-TOTAL ORE	AU (g/t)	AUREC (g/t)	AG (g/t)
3990	10/17	-	-	-	-	-	-
3980	10/17	113,933.000	-	-	0.364	0.275	10.220
3970	10/17	30,909.000	-	-	0.465	0.352	8.530
3960	10/17	-	-	-	-	-	-
3950	10/17	-	-	-	-	-	-
3940	10/17	-	-	-	-	-	-
3930	10/17	3,029.000	-	-	0.275	0.208	0.980
3920	10/17	2,402.000	-	-	0.307	0.232	2.200
3910	10/17	-	-	-	-	-	-
3900	10/17	-	-	-	-	-	-
3890	10/17	-	-	-	-	-	-
3880	10/17	-	-	-	-	-	-
3870	10/17	-	-	-	-	-	-
3860	10/17	-	-	-	-	-	-
3850	10/17	11,041.000	-	-	0.555	0.420	10.780
3840	10/17	133,474.000	-	-	0.472	0.357	15.490
3830	10/17	107,216.000	-	-	0.428	0.324	16.610
3820	10/17	68,570.000	-	-	0.795	0.601	17.750
3810	10/17	184,416.000	-	-	0.651	0.492	12.930
3800	10/17	41,236.000	-	-	0.825	0.624	11.420
COG Oxi: Mix&Sulf:		696,226.000	-	-	0.547	0.414	13.611

Fuente: Propia

En general, con la información de los taladros de producción de corto plazo se determina el tipo de mineralización que posee la zona a minar, motivo por el cual si nos hallamos en una zona de alto contenido de ion sulfuro (S_2) se procederá a enviar este mineral a stocks y no se enviará directamente al proceso por tener características de baja recuperación o cianicidas.

Para determinar la zona a minar se evalúa a partir de envolventes en el plan de largo plazo, el cual señala las zonas de mineralización tipo óxido (modelo a largo plazo), de esta manera se evita incurrir en minar zonas no deseadas como son las zonas de baja recuperación cuando se requiere alimentar a la planta.

5.3.6.2. Reporte de Corto Plazo con y sin polígonos

- **Sin polígonos**

En esta sección se muestra información del modelo de bloques de corto plazo, pero se realiza un cálculo de reservas solo dentro del volumen minado, es decir, no contempla la acotación que tuvieron los bloques de oro por los polígonos de producción, considerando así todos los bloques de mineral por encima de Cut Off tal como se parecía en la Tabla 17 (mes 10).

De igual manera se extrae un resumen de mineral minado por bancos, así como sus leyes respectivas dentro del sólido estudiado.

Tabla 17*Corto Plazo sin polígonos*

	FECHA	MODELO DE CORTO PLAZO SIN POLÍGONOS					
		TON-TOTAL ORE	VOL-TOTAL ORE	SG-TOTAL ORE	AU (g/t)	AUREC (g/t)	AG (g/t)
3990	10/17	523.000	222.000	2.356	0.301	0.237	12.403
3980	10/17	104,820.000	46,150.000	2.271	0.351	0.278	10.670
3970	10/17	28,940.000	12,955.000	2.234	0.444	0.357	8.069
3960	10/17	35.000	16.000	2.188	0.370	0.290	6.188
3950	10/17	-	-	-	-	-	-
3940	10/17	392.000	171.000	2.292	0.275	0.216	0.264
3930	10/17	11,606.000	5,178.000	2.241	0.313	0.247	1.880
3920	10/17	18,420.000	8,033.000	2.293	0.276	0.217	2.116
3910	10/17	369.000	160.000	2.306	0.233	0.182	1.850
3900	10/17	-	-	-	-	-	-
3890	10/17	-	-	-	-	-	-
3880	10/17	-	-	-	-	-	-
3870	10/17	6.000	2.000	3.000	0.615	0.502	6.080
3860	10/17	370.000	165.000	2.242	0.753	0.620	20.884
3850	10/17	46,046.000	20,468.000	2.250	0.579	0.470	12.916
3840	10/17	105,890.000	46,612.000	2.272	0.476	0.384	17.102
3830	10/17	96,509.000	42,025.000	2.296	0.443	0.355	17.266
3820	10/17	95,577.000	42,130.000	2.269	0.725	0.597	15.447
3810	10/17	174,527.000	76,672.000	2.276	0.616	0.504	12.999
3800	10/17	49,434.000	21,307.000	2.320	0.749	0.617	11.458
COG Oxi: Mix&Sulf:		733,464.000	322,266.000	2.276	0.535	0.435	13.377

Fuente: Propia

- **Con polígonos**

A diferencia del Corto Plazo sin polígonos en esta sección se considera sólo las áreas acotadas por los polígonos de producción, en el cual se respeta el SMU, en este análisis entra a tallar la pérdida de algunos bloques económicos debido a que por no ser minables no se consideran dentro de los polígonos. Se trata ya el concepto de dilución por polígono minado.

En la Tabla 18 (mes 10) se muestra el reporte del modelo de corto plazo con polígonos donde solo considera el mineral proveniente de cada polígono minado mas no el material contaminado que se encuentra en este, estas contaminaciones se tratarán aparte como desmonte.

Tabla 18*Corto Plazo con polígonos*

	FECHA	MODELO DE CORTO PLAZO CON POLÍGONOS					
		TON-MIN (OXI)	VOL-MIN (OXI)	SG-MIN (OXI)	AU (g/t)	AUREC (g/t)	AG (g/t)
3990	10/17						
3980	10/17	98,446	43,396	2.270	0.352	0.280	10.346
3970	10/17	29,962	13,355	2.246	0.433	0.348	7.658
3960	10/17						
3950	10/17						
3940	10/17						
3930	10/17	12,109	5,354	2.266	0.285	0.225	1.866
3920	10/17	15,755	6,851	2.301	0.263	0.207	2.241
3910	10/17						
3900	10/17						
3890	10/17						
3880	10/17						
3870	10/17						
3860	10/17						
3850	10/17	43,667	19,409	2.251	0.587	0.477	12.981
3840	10/17	107,147	47,194	2.272	0.469	0.378	17.068
3830	10/17	99,061	43,168	2.296	0.432	0.347	16.681
3820	10/17	79,534	35,122	2.268	0.798	0.659	16.933
3810	10/17	170,876	75,142	2.277	0.608	0.497	13.205
3800	10/17	49,134	21,184	2.321	0.738	0.608	11.146
COG Oxi: Mix&Sulf:		705,691	310,175	2.275	0.535	0.435	13.469

*Fuente: Propia***5.3.6.3. Reporte de reservas - modelo de largo plazo**

En este reporte se hallan los bloques económicos por encima del Cut Off que están contenidos dentro de todo el volumen minado, se considera todas las reservas proyectadas en el área minada por banco, para este caso se considera toda la información únicamente de largo plazo y no se tiene restricciones por el SMU tal como se observa en la Tabla 19 (mes 10).

Tabla 19*Modelo de largo plazo*

	FECHA	MODELO DE LARGO PLAZO					
		TON-TOTAL MIN	VOL-TOTAL MIN	SG-TOTAL MIN	AU (g/t)	AUREC (g/t)	AG (g/t)
3990	10/17	562	240	2.342	0.298	0.236	15.01
3980	10/17	103,779	45,791	2.266	0.452	0.365	9.84
3970	10/17	25,389	11,255	2.256	0.381	0.304	4.61
3960	10/17	35	16	2.188	0.370	0.290	6.19
3950	10/17	-	-	-	-	-	-
3940	10/17	-	-	-	-	-	-
3930	10/17	5,820	2,612	2.228	0.238	0.188	1.03
3920	10/17	22,603	10,027	2.254	0.247	0.194	1.41
3910	10/17	399	175	2.280	0.224	0.176	1.83
3900	10/17	-	-	-	-	-	-
3890	10/17	-	-	-	-	-	-
3880	10/17	-	-	-	-	-	-
3870	10/17	6	2	3.000	0.352	0.276	6.12
3860	10/17	393	176	2.233	0.419	0.337	9.92
3850	10/17	45,549	20,245	2.250	0.478	0.387	20.80
3840	10/17	115,567	50,691	2.280	0.372	0.294	11.07
3830	10/17	79,075	34,345	2.302	0.300	0.236	11.65
3820	10/17	81,433	35,480	2.295	0.632	0.518	13.96
3810	10/17	171,892	75,002	2.292	0.501	0.407	9.84
3800	10/17	23,323	10,043	2.322	0.623	0.512	11.79
OG Oxi: Mix&Sulf:		675,825	296,100	2.282	0.451	0.364	11.01

Fuente: Propia

En la Tabla 20 se muestra el resumen de cada modelo en un análisis por mes, correspondiente al periodo de minado de un año, tanto para el DOM y Modelo de bloques de largo y corto Plazo con y sin polígonos.

Tabla 20*Resumen de análisis por modelo*

Mes	MODELO DE LARGO PLAZO			CORTO PLAZO SIN POLIGONOS			CORTO PLAZO CON POLIGONOS			DOM		
	Tons	Au Ley	Oz Au	Tons	Au Ley	Oz Au	Tons	Au Ley	Oz Au	Tons	Au Ley	Oz Au
Ene	654,471.00	0.477	10,047	815,683.00	0.505	13,242	804,122.00	0.495	12,795	742,121.00	0.495	11,814
Feb	671,610.00	0.480	10,354	618,540.00	0.649	12,901	647,810.00	0.569	11,844	628,115.00	0.606	12,236
Mar	708,317.00	0.673	15,332	751,251.00	0.669	16,148	756,449.00	0.648	15,757	697,442.26	0.623	13,979
Abr	521,016.00	0.491	8,222	577,147.00	0.570	10,581	569,104.00	0.549	10,053	569,072.68	0.497	9,099
May	533,757.00	0.444	7,614	656,223.00	0.529	11,157	648,511.00	0.496	10,337	620,338.17	0.488	9,730
Jun	606,245.00	0.440	8,581	623,727.00	0.562	11,274	695,190.00	0.516	11,540	709,173.00	0.530	12,086
Jul	599,131.00	0.322	6,211	791,902.00	0.507	12,921	787,783.00	0.499	12,648	867,353.84	0.483	13,466
Ago	739,044.00	0.370	8,795	961,633.00	0.505	15,606	900,135.00	0.492	14,239	923,777.67	0.454	13,491
Set	560,787.00	0.387	6,975	683,131.00	0.516	11,325	634,875.00	0.521	10,634	737,467.91	0.488	11,562
Oct	675,825.00	0.451	9,795	733,464.00	0.535	12,625	705,691.00	0.535	12,138	696,226.00	0.547	12,250
Nov	101,485.00	0.352	1,150	131,984.00	0.401	1,702	122,040.00	0.401	1,575	163,705.00	0.428	2,251
Dic	274,627.00	0.306	2,699	401,084.00	0.430	5,541	286,366.00	0.433	3,989	311,512.02	0.430	4,307
Total Año	6,646,315	0.448	95,775	7,745,769	0.542	135,023	7,558,076	0.525	127,548	7,666,305	0.512	126,272

Fuente: Propia

5.3.7. *Reconciliación Modelo de Corto Plazo con polígonos (CP) vs CP c/p (sin polígonos) vs DOM vs Largo Plazo (LP)*

5.3.7.1. Comparación de modelos

Se realiza una comparación entre la cantidad de mineral presente en los modelos. Las comparaciones se llevan a cabo para obtener eficiencias y los factores de reconciliación:

- **Corto Plazo (CP) vs Largo Plazo (LP): Reservas de Mineral** (predicción).

Subcomponentes: Modelo de recursos mineral, plan de minado, parámetros geo metalúrgicos.

Información de entrada: Modelo de recurso, información de exploración, topografía original, superficies de minado inicial y final.

$$F1: =+SI (LP>0; CP / LP;" ")$$

- **Corto Plazo con polígonos (CP c/p) vs Corto Plazo (CP): Control de Mineral** (predicción)

Subcomponentes: Modelo de corto plazo, bloques de mineral planeados y/o cortes de minado.

Información de entrada: mapeo geológico, muestreo en control de mineral, polígonos, diseños, estimación de ley y densidad, criterios geotécnicos, anchos de minado y eficiencias.

$$F2: =+SI (CP>0; (CP(c/p) / CP);" ")$$

- **DOM vs Corto Plazo con polígonos: Minado** (producción).

Subcomponentes: Cortes de minado, acumulación de mineral (stockpiling), mineral chancado.

Información de entrada: movimiento de material volado, carguío de mineral y desmonte, levantamiento topográfico, cargas de material acarreadas.

$$F3: =+SI (CP (C/P)>0; (DOM / CP(c/p);" ")$$

- **DOM vs Largo Plazo:** Factor global de reconciliación minera.

$$F4: =+SI (LP>0; DOM / LP;" ")$$

Se usa estas fórmulas obteniendo la Tabla 21 y se considera Fn-1 en porcentaje para apreciar el exceso o defecto de un modelo con respecto al otro. Pero para efectos de medir la eficiencia de los modelos teóricos y el operativo, tal como se observa en la Tabla 24 solo se considerará las fórmulas detalladas para Fn.

Tabla 21

Reporte de reconciliación, comparación entre modelos

REPORTES GLOBAL DE RECONCILIACION MENSUAL												
Mes	DOM			MODELO DE CORTO PLAZO CON POLIGONOS			MODELO DE CORTO PLAZO SIN POLIGONOS			MODELO DE LARGO PLAZO		
	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz
Ene	742,121	0.495	11,814	804,122	0.495	12,795	815,683	0.505	13,242	654,471	0.477	10,047
Feb	628,115	0.606	12,236	647,810	0.569	11,844	618,540	0.649	12,901	671,610	0.480	10,354
Mar	697,442	0.623	13,979	756,449	0.648	15,757	751,251	0.669	16,148	708,317	0.673	15,332
Abr	569,073	0.497	9,099	569,104	0.549	10,053	577,147	0.570	10,581	521,016	0.491	8,222
May	620,338	0.488	9,730	648,511	0.496	10,337	656,223	0.529	11,157	533,757	0.444	7,614
Jun	709,173	0.530	12,086	695,190	0.516	11,540	623,727	0.562	11,274	606,245	0.440	8,581
Jul	867,354	0.483	13,466	787,783	0.499	12,648	791,902	0.507	12,921	599,131	0.322	6,211
Ago	923,778	0.454	13,491	900,135	0.492	14,239	961,633	0.505	15,606	739,044	0.370	8,795
Set	737,468	0.488	11,562	634,875	0.521	10,634	683,131	0.516	11,325	560,787	0.387	6,975
Oct	696,226	0.547	12,250	705,691	0.535	12,138	733,464	0.535	12,625	675,825	0.451	9,795
Nov	163,705	0.428	2,251	122,040	0.401	1,575	131,984	0.401	1,702	101,485	0.352	1,149
Dic	311,512	0.430	4,307	286,366	0.433	3,989	401,084	0.430	5,541	274,627	0.306	2,702
Total Año	7,666,305	0.512	126,272	7,558,076	0.525	127,548	7,745,769	0.542	135,023	6,646,315	0.448	95,777

Mes	DOM vs CP			CP vs LP			CP c/p vs CP			DOM vs LP		
	% Tonnes	% Au	% Oz Au	% Tonnes	% Au	% Oz Au	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	% Tonnes	% Au	% Oz Au
Ene	-7.7%	0.0%	-7.7%	22.9%	3.6%	27.3%	-1.4%	-2.0%	-3.4%	13.4%	3.7%	17.6%
Feb	-3.0%	6.6%	3.3%	-3.5%	18.6%	14.4%	4.7%	-12.3%	-8.2%	-6.5%	26.4%	18.2%
Mar	-7.8%	-3.8%	-11.3%	6.8%	-3.8%	2.8%	0.7%	-3.1%	-2.4%	-1.5%	-7.4%	-8.8%
Abr	0.0%	-9.5%	-9.5%	9.2%	11.9%	22.3%	-1.4%	-3.6%	-5.0%	9.2%	1.3%	10.7%
May	-4.3%	-1.6%	-5.9%	21.5%	11.7%	35.8%	-1.2%	-6.3%	-7.4%	16.2%	10.0%	27.8%
Jun	2.0%	2.7%	4.7%	14.7%	17.3%	34.5%	11.5%	-8.2%	2.4%	17.0%	20.4%	40.8%
Jul	10.1%	-3.3%	6.5%	31.5%	54.9%	103.6%	-0.5%	-1.6%	-2.1%	44.8%	49.8%	116.8%
Ago	2.6%	-7.7%	-5.2%	21.8%	32.9%	61.9%	-6.4%	-2.5%	-8.8%	25.0%	22.7%	53.4%
Set	16.2%	-6.4%	8.7%	13.2%	34.7%	52.5%	-7.1%	1.0%	-6.1%	31.5%	26.1%	65.8%
Oct	-1.3%	2.3%	0.9%	4.4%	18.7%	23.9%	-3.8%	-0.1%	-3.9%	3.0%	21.4%	25.1%
Nov	34.1%	6.6%	43.0%	20.3%	14.0%	37.1%	-7.5%	0.0%	-7.5%	61.3%	21.5%	96.0%
Dic	8.8%	-0.7%	8.0%	4.3%	41.5%	47.6%	-28.6%	0.7%	-28.0%	13.4%	40.5%	59.4%
Total Año	1.4%	-2.4%	-1.0%	13.7%	17.1%	33.2%	-2.4%	-3.2%	-5.5%	15.3%	14.3%	31.8%

Fuente: Propia

La Tabla 21 muestra los porcentajes de variación de las reservas entre modelos, estos porcentajes de comparación se pueden extraer para realizar cálculos más finos en la estimación de reservas, solo se recomienda usar estos factores de corrección a un nivel de corto plazo ya que solo analiza el comportamiento en un periodo de minado corto, como en este caso mensualmente. Ahora estos factores abarcan la totalidad del periodo minado y la zona global minada, para un plan más detallado se requiere tener información por bancos ya que de esta manera se podrá disgregar diferentes factores para cada banco de minado y suavizar las fluctuaciones para la previsión.

5.3.7.2. Análisis por banco o nivel de minado

Este es un análisis más detallado dentro del periodo de minado, no solo contempla la totalidad del volumen minado, sino que secciona por niveles el reporte, así que si se mina para el siguiente periodo de minado el mismo nivel se podrá usar un factor teórico para los ajustes en cálculos de reservas. En la tabla 22 se observa un ejemplo del resumen comparativo de los modelos de largo plazo, corto plazo y declarado de mina.

Tabla 22

Resumen de reconciliación por bancos

Fase	Banco	MODELO DE LARGO PLAZO				MODELO DE CORTO PLAZO				DOM			
		Tons	Au g/t	Ag g/t	Oz. Au	Tons	Au (g/t)	Ag (g/t)	Oz. Au	Tons	Au (g/t)	Ag (g/t)	Oz. Au
F2	3990	562	0.298	15.010	5	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	3980	103,779	0.452	9.838	1,508	98,446	0.352	10.346	1,115	113,933	0.364	10.220	1,333
F2	3970	25,389	0.381	4.606	311	29,962	0.433	7.658	417	30,909	0.465	8.530	462
F2	3960	35	0.370	6.190	0	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	3930	5,820	0.238	1.030	45	12,109	0.285	1.866	111	3,029	0.275	0.980	27
F2	3920	22,603	0.247	1.410	179	15,755	0.263	2.241	133	2,402	0.307	2.200	24
F2	3910	399	0.224	1.826	3	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	3870	6	0.352	6.120	0	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	3860	393	0.419	9.920	5	-	-	-	-	-	-	-	-
F2	3850	45,549	0.478	20.801	700	43,667	0.587	12.981	824	11,041	0.555	10.780	197
F2	3840	115,567	0.372	11.072	1,382	107,147	0.469	17.068	1,616	133,474	0.472	15.490	2,025
F2	3830	79,075	0.300	11.652	764	99,061	0.432	16.681	1,377	107,216	0.428	16.610	1,475
F2	3820	81,433	0.632	13.958	1,656	79,534	0.798	16.933	2,041	68,570	0.795	17.750	1,753
F2	3810	171,892	0.501	9.836	2,770	170,876	0.608	13.205	3,339	184,416	0.651	12.930	3,860
F2	3800	23,323	0.623	11.789	467	49,134	0.738	11.146	1,165	41,236	0.825	11.420	1,094
Total		675,825	0.451	11.008	9,795	705,691	0.535	13.469	12,138	696,226	0.547	13.611	12,250

Fuente: Propia

Es recomendable usar los factores extraídos tanto para el tonelaje y ley de las reservas ya que las onzas son resultado del producto de los dos anteriormente mencionados.

5.3.8. *Reconciliación Global*

- **Promedio móvil tres meses**

El promedio móvil se usa para suavizar los datos y reducir las fluctuaciones aleatorias en una serie de tiempo que este caso es mensual, debido a la poca información que muchas veces se obtiene de los datos usados para la reconciliación.

Se aplica el método de pronósticos simple que en este caso da más importancia a un conjunto de datos más recientes con el cual podremos determinar una previsión.

Cada punto de una media móvil de un conjunto de datos o serie de datos es la media aritmética de datos consecutivos de los factores mensuales calculados tal como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Promedio móvil de tres meses

Mes	DOM					MODELO DE CORTO PLAZO					MODELO DE LARGO PLAZO				
	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Ag (g/t)	Ag Oz	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Ag (g/t)	Ag Oz	Tonnes	Au (g/t)	Au Oz	Ag (g/t)	Ag Oz
Ene	945,580	0.493	14,980	10.890	331,055	937,138	0.501	15,096	10.691	322,102	788,846	0.475	12,048	9.983	253,191
Feb	828,480	0.513	13,677	10.053	267,781	851,605	0.508	13,913	9.623	263,468	732,636	0.465	10,948	9.144	215,382
Mar	689,226	0.572	12,676	10.360	229,565	736,127	0.569	13,465	10.393	245,981	678,133	0.546	11,911	10.272	223,952
Abr	631,543	0.580	11,772	10.454	212,266	657,788	0.593	12,551	10.636	224,940	633,648	0.555	11,303	10.290	209,639
May	628,951	0.541	10,936	10.084	203,907	658,021	0.570	12,049	10.622	224,710	587,697	0.550	10,389	9.870	186,494
Jun	632,861	0.506	10,305	9.051	184,161	637,602	0.519	10,643	8.835	181,118	553,673	0.457	8,139	7.024	125,039
Jul	732,288	0.500	11,761	8.782	206,770	710,495	0.504	11,508	7.969	182,025	579,711	0.401	7,469	6.366	118,659
Ago	833,435	0.486	13,014	8.980	240,612	794,369	0.502	12,809	8.758	223,665	648,140	0.377	7,862	6.972	145,280
Set	842,866	0.474	12,840	9.377	254,108	774,264	0.502	12,507	9.965	248,057	632,987	0.360	7,327	8.017	163,154
Oct	785,824	0.492	12,434	11.021	278,439	746,900	0.514	12,337	12.170	292,240	658,552	0.402	8,522	9.593	203,106
Nov	532,466	0.507	8,688	11.474	196,422	487,535	0.518	8,116	12.554	196,776	446,032	0.417	5,973	9.988	143,235
Dic	390,481	0.499	6,269	11.983	150,432	371,366	0.494	5,901	11.819	141,116	350,646	0.403	4,548	9.709	109,459

Mes	DOM vs CP					CP vs LP					DOM vs LP				
	% Tonnes	% Au	% Oz Au	% Ag	% Oz Ag	% Tonnes	% Au	% Oz Au	% Ag	% Oz Ag	% Tonnes	% Au	% Oz Au	% Ag	% Oz Ag
Ene	1%	-2%	-1%	102%	103%	20%	4%	24%	109%	131%	19%	5%	25%	107%	127%
Feb	-3%	1%	-2%	104%	102%	13%	10%	25%	110%	124%	16%	9%	27%	105%	122%
Mar	-6%	1%	-6%	100%	93%	2%	5%	6%	101%	103%	9%	4%	13%	101%	110%
Abr	-4%	-2%	-6%	98%	94%	0%	4%	4%	102%	101%	4%	7%	11%	103%	107%
May	-4%	-5%	-9%	95%	91%	7%	-2%	5%	102%	109%	12%	4%	16%	108%	120%
Jun	-1%	-2%	-3%	102%	102%	14%	11%	27%	129%	147%	15%	14%	31%	126%	145%
Jul	3%	-1%	2%	110%	114%	26%	25%	57%	138%	174%	23%	26%	54%	125%	153%
Ago	5%	-3%	2%	103%	108%	29%	29%	66%	129%	166%	23%	33%	63%	126%	154%
Set	9%	-6%	3%	94%	102%	33%	32%	75%	117%	156%	22%	40%	71%	124%	152%
Oct	5%	-4%	1%	91%	95%	19%	22%	46%	115%	137%	13%	28%	45%	127%	144%
Nov	9%	-2%	7%	91%	100%	19%	22%	45%	115%	137%	9%	24%	36%	126%	137%
Dic	5%	1%	6%	101%	107%	11%	24%	38%	123%	137%	6%	22%	30%	122%	129%
Total Año	1.6%	-2.1%	-0.5%	99.3%	100.8%	16.1%	15.5%	34.9%	115.8%	135.2%	14.2%	18.0%	35.1%	116.6%	133.5%

Fuente: Propia

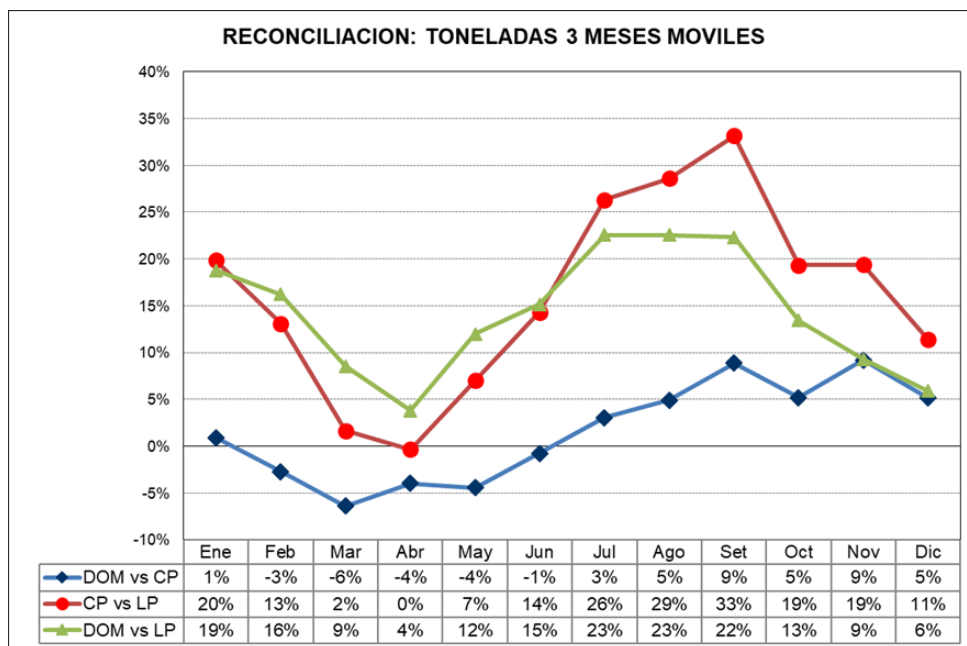
- **Toneladas, Ley y Onzas de mineral, tres meses móviles**

En la Figura 64 se muestra el comportamiento suavizado de datos del tonelaje minado de mineral del modelo de bloques a largo plazo, el Corto plazo y el DOM; observándose que las menores distorsiones se dan en los datos del DOM vs CP, lo cual es correcto, ya que un minado adecuado no debería considerar mayores márgenes de error con sus actualizaciones de modelo y generación de polígonos (dilución). Este mismo comportamiento se debe dar en el comparativo de meses móviles para la ley onzas reportadas como se muestra en las Figuras 65 y Figura 66.

Las gráficas que representan al DOM vs LP y CP vs LP deberán tener un comportamiento similar ya que si se tiene fluctuaciones mayores y trazas no similares indicará que el modelo de bloques de corto plazo no está siendo controlado una vez plasmado esta información en forma física como lo son los polígonos de producción en el campo.

Figura 64

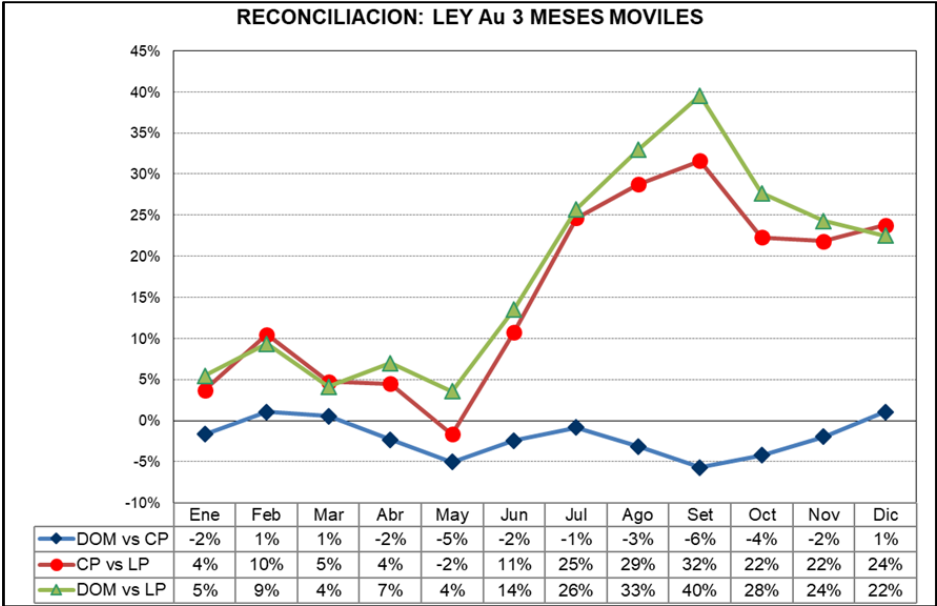
Tres meses móviles para el tonelaje minado



Fuente: Propia

Figura 65

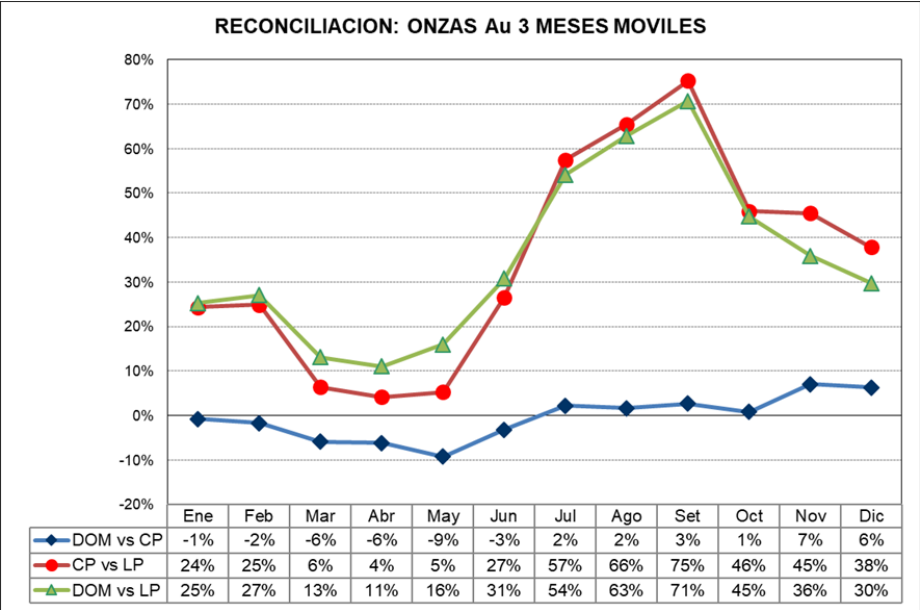
Tres meses móviles para la ley de Au minada



Fuente: Propia

Figura 66

Tres meses móviles para onzas de Au minada



Fuente: Propia

5.3.9. Eficiencia y calidad de los modelos

Tabla 24

Porcentaje de eficiencia de modelos

Mes	MODELO DE LARGO PLAZO				CORTO PLAZO SIN POLIGONOS				CORTO PLAZO CON POLIGONOS				DOM			
	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.
Ene	654,471.00	0.477	10,047	81	815,683.00	0.505	13,242	81	804,122.00	0.495	12,795	81	742,121.00	0.495	11,814	74
Feb	671,610.00	0.480	10,354	81	618,540.00	0.649	12,901	82	647,810.00	0.569	11,844	81	628,115.00	0.606	12,236	74
Mar	708,317.00	0.673	15,332	82	751,251.00	0.669	16,148	82	756,449.00	0.648	15,757	82	697,442.26	0.623	13,979	74
Abr	521,016.00	0.491	8,222	81	577,147.00	0.570	10,581	82	569,104.00	0.549	10,053	82	569,072.68	0.497	9,099	74
May	533,757.00	0.444	7,614	80	656,223.00	0.529	11,157	81	648,511.00	0.496	10,337	81	620,338.17	0.488	9,730	74
Jun	606,245.00	0.440	8,581	81	623,727.00	0.562	11,274	82	695,190.00	0.516	11,540	81	709,173.00	0.530	12,086	74
Jul	599,131.00	0.322	6,211	79	791,902.00	0.507	12,921	81	787,783.00	0.499	12,648	81	867,353.84	0.483	13,466	75
Ago	739,044.00	0.370	8,795	80	961,633.00	0.505	15,606	81	900,135.00	0.492	14,239	81	923,777.67	0.454	13,491	76
Set	560,787.00	0.387	6,975	80	683,131.00	0.516	11,325	81	634,875.00	0.521	10,634	81	737,467.91	0.488	11,562	73
Oct	675,825.00	0.451	9,795	81	733,464.00	0.535	12,625	81	705,691.00	0.535	12,138	81	696,226.00	0.547	12,250	76
Nov	101,485.00	0.352	1,150	79	131,984.00	0.401	1,702	80	122,040.00	0.401	1,575	80	163,705.00	0.428	2,251	76
Dic	274,627.00	0.306	2,699	79	401,084.00	0.430	5,541	81	286,366.00	0.433	3,989	81	311,512.02	0.430	4,307	84
Total Año	6,646,315	0.448	95,775	81%	7,745,769	0.542	135,023	81%	7,558,076	0.525	127,548	81%	7,666,305	0.512	126,272	75%

MINERAL DE MINA																
Mes	EFICIENCIA DEL MODELO				CALIDAD DEL DISEÑO DE POLIGONOS				MINADO DE POLIGONOS				FACTOR GLOBAL			
	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.	Tons	Au Ley	Oz Au	Au Recup.
Ene	125%	106%	132%	100%	99%	98%	97%	100%	92%	100%	92%	91%	113%	104%	118%	91%
Feb	92%	135%	125%	101%	105%	88%	92%	100%	97%	107%	103%	90%	94%	126%	118%	91%
Mar	106%	99%	105%	100%	101%	97%	98%	100%	92%	96%	89%	90%	98%	93%	91%	90%
Abr	111%	116%	129%	101%	99%	96%	95%	100%	100%	91%	91%	90%	109%	101%	111%	91%
May	123%	119%	147%	101%	99%	94%	93%	100%	96%	98%	94%	91%	116%	110%	128%	91%
Jun	103%	128%	131%	101%	111%	92%	102%	100%	102%	103%	105%	91%	117%	120%	141%	91%
Jul	132%	157%	208%	102%	99%	98%	98%	100%	110%	97%	106%	93%	145%	150%	217%	95%
Ago	130%	136%	177%	101%	94%	97%	91%	100%	103%	92%	95%	93%	125%	123%	153%	94%
Set	122%	133%	162%	101%	93%	101%	94%	100%	116%	94%	109%	90%	132%	126%	166%	91%
Oct	109%	119%	129%	101%	96%	100%	96%	100%	99%	102%	101%	93%	103%	121%	125%	94%
Nov	130%	114%	148%	102%	92%	100%	92%	100%	134%	107%	143%	95%	161%	122%	196%	96%
Dic	146%	141%	205%	103%	71%	101%	72%	100%	109%	99%	108%	104%	113%	141%	160%	106%
Total Año	117%	121%	141%	101%	98%	97%	94%	100%	101%	98%	99%	92%	115%	114%	132%	92%

Fuente: Propia

En la Tabla 24 se muestra el resumen de comparar los modelos, midiendo su eficiencia, este análisis nos brinda información de cómo se está comportando un modelo con respecto de otro, tanto con información real y teórica:

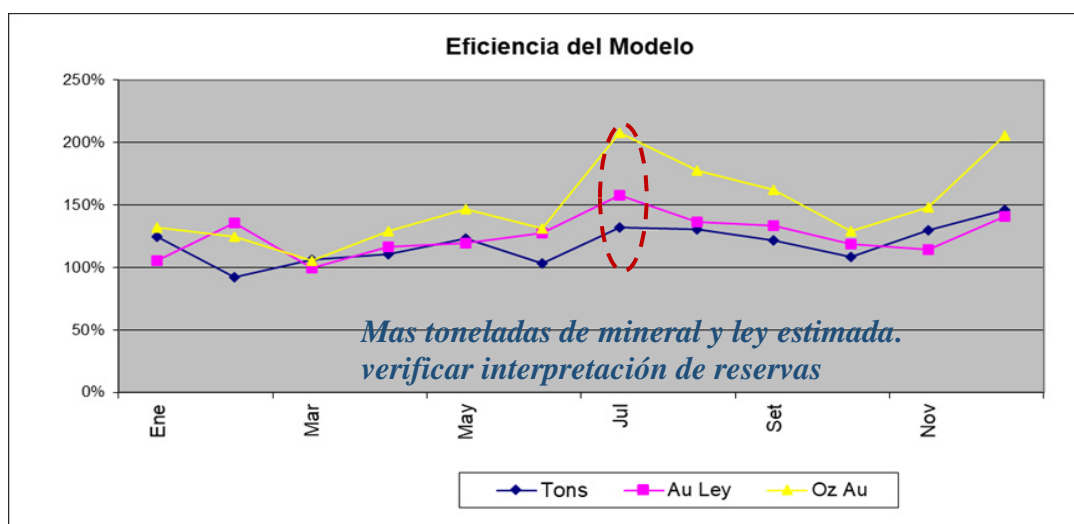
- **Eficiencia del Modelo de Largo Plazo Vs Corto Plazo sin polígonos**

Como se observa en la Tabla 24 se tiene reconciliación positiva para los parámetros de ley y tonelaje a nivel anual, lo cual es visible en la Figura 67. Se demuestra que en la eficiencia del modelo se vio un incremento de onzas obtenidas en el modelo de corto plazo en 41% más de lo estimado o 39k onzas más que la predicción. En este caso se ve la eficiencia del modelador y la necesidad de reconocimiento con campañas de perforación en ciertas zonas con poca información.

Aquí se evalúa las variaciones del modelo de corto plazo con respecto al modelo de bloques Largo Plazo. Esta variación se debe a que algunos cuerpos mineralizados no fueron contemplados en el modelo, debido a que estas zonas no fueron interceptadas por sondajes en su totalidad, falta de información geológica que detalle la zona minada.

Figura 67

Eficiencia de los modelos



Fuente: Propia

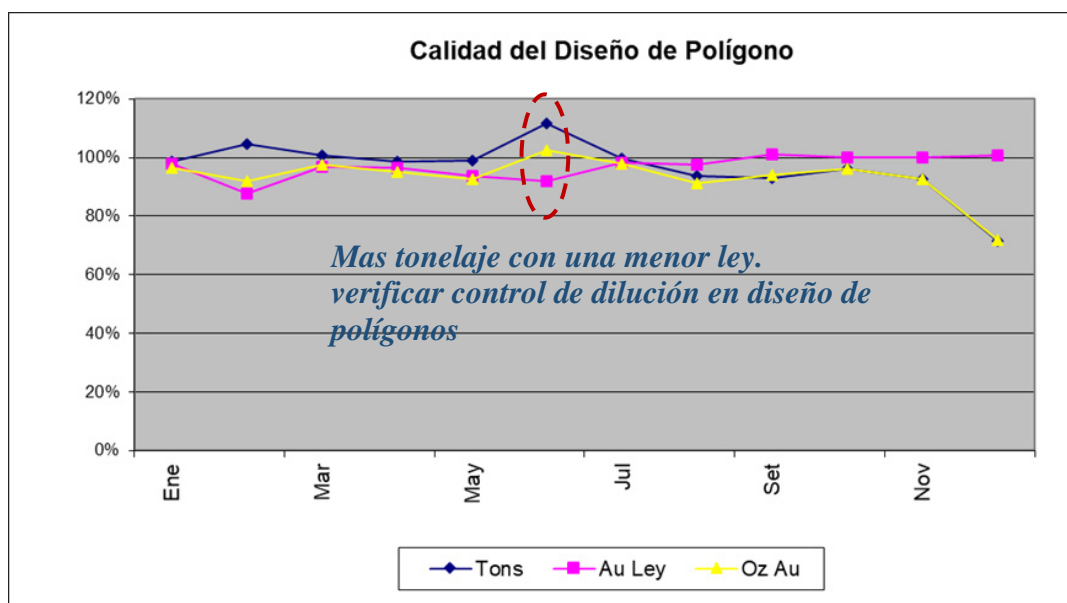
- **Calidad de diseño de polígonos (CP con polígonos Vs CP)**

Mide la cantidad de material que se encuentra dentro del diseño de los polígonos con respecto a los bloques generados por la interpolación de corto plazo, pudiendo ser mayor o menor al modelo de Corto Plazo sin polígonos, esto debido a que se considera el SMU para diseños operativos, encontrando dilución que significa un incremento en la cantidad de material y una disminución de la ley por ingreso de material estéril, como se observa en la Tabla 24 se logra llegar a un 94% de onzas recuperadas con la creación de polígonos del modelo de corto plazo, es un buen indicativo para el área donde se diseñó los polígonos.

Se evalúa la calidad de diseño de polígonos, evitando en lo posible perder bloques económicos y asegurando su operatividad. En la Figura 68 se parecía una variación no muy dispersa del cumplimiento del 100% de mineral reportado por el modelo de corto plazo, es decir que el diseño de polígonos fue el adecuado.

Figura 68

Calidad del diseño de polígonos de producción



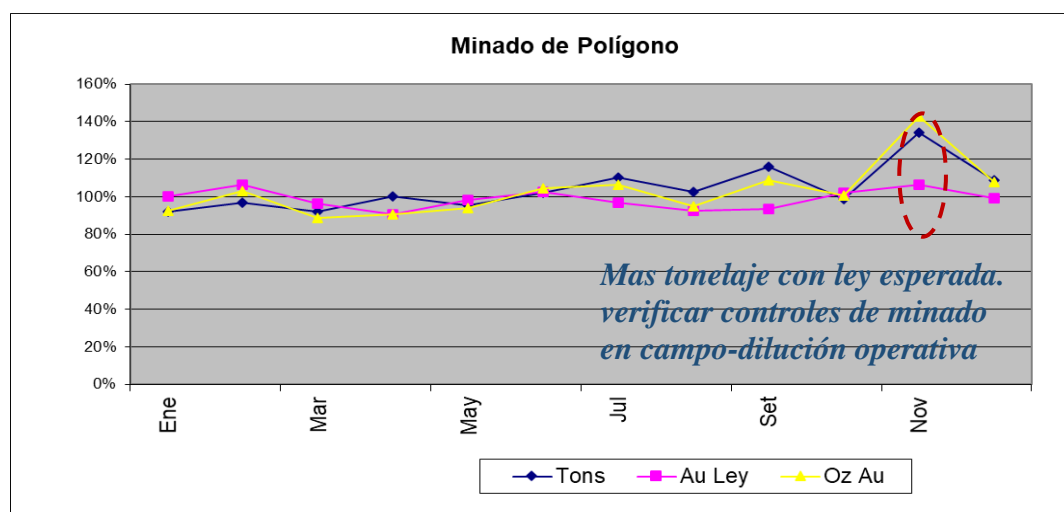
Fuente: Propia

- **Minado de polígonos (DOM vs CP con polígonos)**

Mide la cantidad de mineral minado por polígono. Se evalúa cuán eficientemente se extrajo el mineral de cada polígono, cumpliendo con los controles de minado. El mayor porcentaje de minado con respecto al diseño de los polígonos se debe a una mayor dilución en campo y falta de control topográfico o de sistema GPS de los equipos de carguío, un menor porcentaje puede indicar que parte del mineral considerado con económico contenía material contaminante, el cual no fue detectado por los taladros, y fue enviado a un botadero de desmonte. Se muestra en la Tabla 24 que en tonelaje solo se diluyó en un 1% durante el año de minado, pero redujo la ley en 2%, esto significa que se realizó buenos controles operativos y de ingeniería. En la Figura 69 se presenta un buen comportamiento del minado, salvo en el mes de noviembre que posee un salto, dando como resultado que el proceso de minado cumplió a un 99% en onzas extraídas. Este reporte analiza posibles diluciones operativas, o inconvenientes en el minado del frente, además presencia de material contaminado por encima de lo estimado y medir la eficiencia del área de operaciones.

Figura 69

Minado de polígonos



Fuente: Propia

- **Factor General (DOM Vs Modelo de Largo Plazo)**

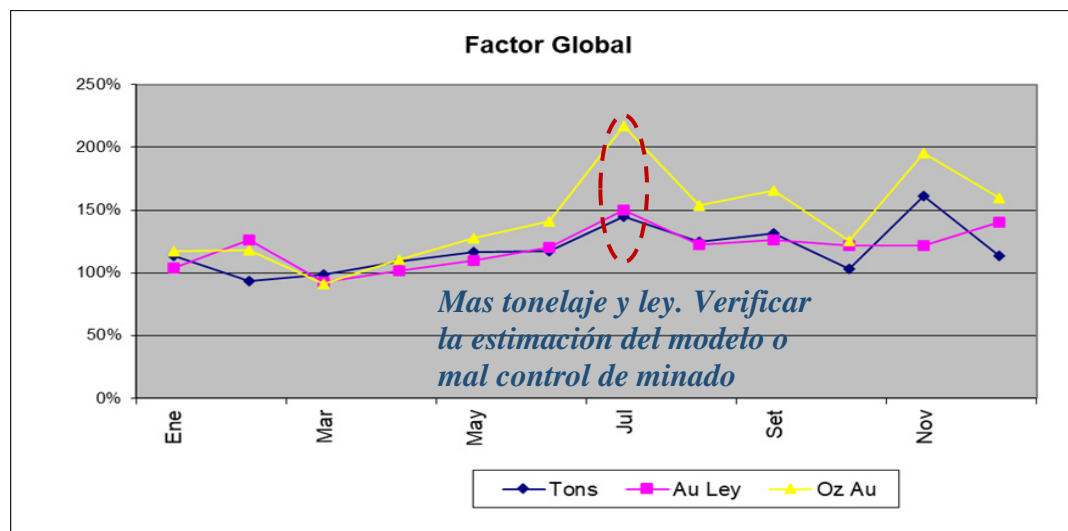
Resalta la relación que existe entre el mineral calculado a través del modelo de largo plazo con el mineral realmente extraído de las zonas minadas, ya sea enviadas al proceso o acarreadas a zonas de almacenamiento temporal como lo son los stocks.

Se presenta una gráfica de lo real extraído vs lo estimado, dándonos una idea del comportamiento del modelo y confianza de éste con respecto a las estimaciones.

En este caso, tal como se muestra en la Figura 71, se mide el resultado global de la actividad de minado, dando como resultado un 32% más de lo estimado en relación a onzas extraídas.

Figura 70

Factor global de reconciliación



Fuente: Propia

5.4. Cálculo de factores de reconciliación y variación en el ajuste de los modelos

Se basa en la variación entre reservas de los modelos de bloques de los modelos de largo y corto plazo, separando por sectores a las zonas de minado para medir su comportamiento y suavizando los datos erráticos a través del promedio móvil.

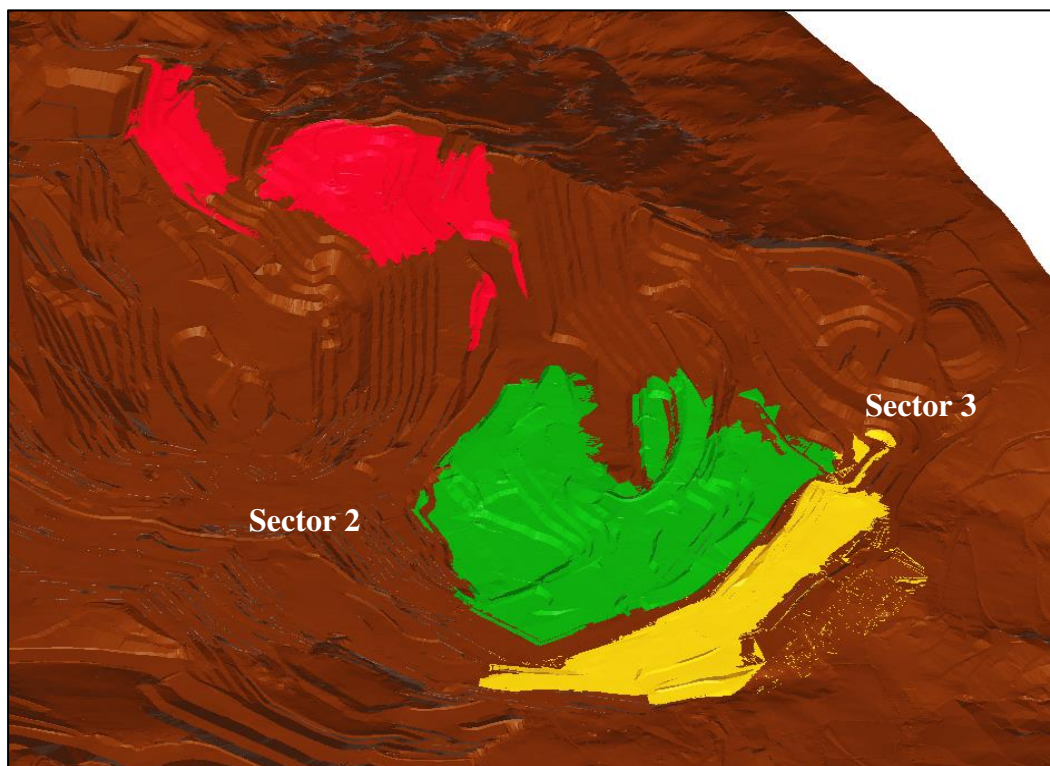
Si en los sectores se extrae datos los cuales poseen baja magnitud, es decir si se extrae mínima cantidad de mineral por banco de minado, el análisis no será representativo, ya que a una menor escala se requiere una precisión muy alta. Como el comportamiento de la mineralización no es homogénea y discontinua se analiza la correlación que existe entre las variables de largo y corto plazo con el fin de respetar el comportamiento de la mineralización del sector a través de una gráfica de dispersión de leyes.

5.4.1. Cálculo de reservas por sectores de mina

El minado se dividió en tres sectores para un mejor análisis y se ha diferenciado cada nivel minado (banco) para calcular los factores de reconciliación de acuerdo al descenso vertical del tajo, tal como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

Sectores minados analizados



Fuente: Propia

- **Cálculo de reservas a largo plazo**

Se obtienen datos disgregando por meses de la zona minada, acotando por el cutoff y parámetros a largo plazo (tonelaje, ley de oro, etc.). Se realizó un filtro por tipo de mineralización (Óxidos, Mixtos y Sulfuros). Siendo en los óxidos donde se encuentra la mineralización favorable y con mayor recuperación en el proceso, este análisis es para observar el comportamiento de la mineralización pronosticada con respecto a la realidad (no se verá a detalle en esta investigación).

En la Tabla 25 se muestra la información del modelo de bloques de largo plazo, se realizó para cada mes de minado, generando un sólido a partir del levantamiento topográfico (ver sección [5.3.2](#)).

Tabla 25

Reservas del mes 1 del sector 1 (modelo de largo plazo)

BENCH TOE	ZONE NAME	ZONE NO.	CUTOFF	INSITU ORE (BCMS)	INSITU ORE (TONNES)	RUN OF MINE (TONNES)	INSITU MAU	GRADES MAG	SGSEC	MAUR	MAGR
3800.0	3	3	>= 0.20	4.	9.	9.	1.120	12.20	2.440	0.9410	1.7080
			TOTALS:	4.	9.	9.	1.120	12.20	2.440	0.9410	1.7080
	5	5	0.0- 0.20	688.	1149.	1149.	0.118	1.14	1.670	0.0925	0.1599
			>= 0.20	1468.	2451.	2451.	0.332	1.52	1.670	0.2633	0.2130
			TOTALS:	2156.	3600.	3600.	0.264	1.40	1.670	0.2088	0.1960
3800.0	SUMMARY		0.0- 0.20	688.	1149.	1149.	0.118	1.14	1.670	0.0925	0.1599
			>= 0.20	1471.	2460.	2460.	0.335	1.56	1.673	0.2659	0.2185
			TOTALS:	2159.	3609.	3609.	0.266	1.43	1.672	0.2107	0.1999
	WASTE	5. (TONNES)	BENCH,CUM.	ROM S/R=	0.00	0.00					
3790.0	1	1	0.0- 0.20	932.	2199.	2199.	0.021	0.71	2.359	0.0166	0.0987
			>= 0.20	406.	856.	856.	0.240	5.80	2.110	0.1880	0.8120
			TOTALS:	1338.	3055.	3055.	0.082	2.13	2.289	0.0646	0.2985
	3	3	0.0- 0.20	3989.	9281.	9281.	0.063	1.26	2.327	0.0492	0.1758
			>= 0.20	239.	545.	545.	0.208	2.92	2.281	0.1630	0.4090
			TOTALS:	4228.	9826.	9826.	0.071	1.35	2.325	0.0555	0.1888
	5	5	0.0- 0.20	13201.	22045.	22045.	0.115	1.36	1.670	0.0899	0.1910
			>= 0.20	14783.	24688.	24688.	0.373	1.46	1.670	0.2961	0.2045
			TOTALS:	27984.	46733.	46733.	0.251	1.41	1.670	0.1989	0.1981
3790.0	SUMMARY		0.0- 0.20	18122.	33526.	33526.	0.094	1.29	1.897	0.0739	0.1807
			>= 0.20	15427.	26088.	26088.	0.365	1.63	1.697	0.2898	0.2287
			TOTALS:	33550.	59614.	59614.	0.213	1.44	1.810	0.1684	0.2017

Fuente: Propia

Se realiza el mismo procedimiento para cada mes minado de cada sector del tajo para el modelo de largo plazo y para el modelo de corto plazo ya que comparten los mismos sólidos para la extracción de reservas, lo único que varía son los datos por cada modelo (ver anexo 1 al 6).

- **Cálculo de reservas a corto plazo**

Se calculó las reservas dentro de los sólidos correspondientes a los sectores del tajo, delimitando por variables de corto plazo. Se consideró el modelo de corto sin polígonos para este análisis, se compara con el modelo de largo plazo, en el cual no se limita los bloques económicos por polígonos de producción. En la siguiente Tabla 26 (Pitres, minesight) muestran los resultados necesarios para la reconciliación minera (ver anexo 7 al 9).

Tabla 26

Reservas del mes 1 del sector 1 (modelo de corto plazo)

BENCH TOE	ZONE NAME	ZONE NO.	CUTOFF	INSITU ORE (BCMS)	INSITU ORE (TONNES)	RUN OF MINE (TONNES)	INSITU AU	GRADES AG	SGSEC	AUREC	AGREC
3800.0	3	3	>= 0.20	4.	9.	9.	0.3935	2.3862	2.440	0.3085	0.3340
			TOTALS:	4.	9.	9.	0.3935	2.3862	2.440	0.3085	0.3340
	5	5	0.0- 0.20	1128.	1884.	1884.	0.1052	1.0518	1.670	0.0825	0.1473
			>= 0.20	1028.	1716.	1716.	0.3707	1.6870	1.670	0.2956	0.2362
			TOTALS:	2156.	3600.	3600.	0.2317	1.3545	1.670	0.1841	0.1896
<hr/>											
3800.0	SUMMARY		0.0- 0.20	1128.	1884.	1884.	0.1052	1.0518	1.670	0.0825	0.1473
			>= 0.20	1031.	1725.	1725.	0.3708	1.6907	1.674	0.2957	0.2367
			TOTALS:	2159.	3609.	3609.	0.2321	1.3572	1.672	0.1844	0.1900
<hr/>											
WASTE			5. (TONNES)	BENCH,CUM.	ROM S/R=	0.00	0.00				
<hr/>											
3790.0	1	1	0.0- 0.20	972.	2283.	2283.	0.0227	0.7063	2.350	0.0181	0.0989
			>= 0.20	366.	773.	773.	0.6169	16.0074	2.110	0.5025	2.2411
			TOTALS:	1338.	3055.	3055.	0.1730	4.5764	2.289	0.1406	0.6407
	3	3	0.0- 0.20	3949.	9189.	9189.	0.0614	1.2505	2.328	0.0482	0.1751
			>= 0.20	279.	637.	637.	1.0095	18.9983	2.281	0.8377	2.6598
			TOTALS:	4228.	9826.	9826.	0.1229	2.4014	2.325	0.0994	0.3362
	5	5	0.0- 0.20	15334.	25608.	25608.	0.1111	1.2824	1.670	0.0871	0.1795
			>= 0.20	12649.	21124.	21124.	0.3583	1.3850	1.670	0.2830	0.1939
			TOTALS:	27984.	46733.	46733.	0.2228	1.3288	1.670	0.1756	0.1860
<hr/>											
3790.0	SUMMARY		0.0- 0.20	20255.	37080.	37080.	0.0933	1.2390	1.875	0.0732	0.1735
			>= 0.20	13295.	22534.	22534.	0.3856	2.3845	1.702	0.3062	0.3338
			TOTALS:	33550.	59614.	59614.	0.2038	1.6720	1.810	0.1613	0.2341

Fuente: Propia

- **Análisis y procesamiento de las reservas de los modelos**

Para poder procesar la información se requiere pasar de archivos de texto a tablas Excel, para ello se generó una macro para facilitar el proceso, obteniendo tablas para cada mes de cada sector y de cada modelo de bloques (largo plazo y corto plazo). Para nuestro análisis se requirió ordenar la información enfocándonos en el tonelaje minado y ley extraída por nivel minado que se encuentre por encima del cut off (0.2 g/t Au), se considera la suma de las tres mineralizaciones

(óxido, mixto y sulfuro) ya que como se pretende comparar dos modelos teóricos se deberá incluir todos los tipos de mineralización por encima del cut off. En la Tabla 27 se muestra el resultado para los modelos.

Tabla 27

Sector 3 Corto Plazo vs Largo Plazo

BANCO	Oct-17					
	MODELO DE CORTO PLAZO			MODELO LARGO PLAZO		
	TON-TOTAL MINERAL	AU (g/t)	Cont. AU (Oz.)	TON-TOTAL MINERAL	AU (g/t)	Cont. AU (Oz.)
4050						
4040						
4030						
4020						
4010						
4000						
3990	523	0.301	5	562	0.298	5
3980	105,236	0.350	1,185	103,776	0.452	1,508
3970	24,428	0.393	309	25,341	0.381	310
3960	60	0.574	1	40	0.412	1
3950						
TOTAL	130,247	0.358	1,500	129,719	0.437	1,824

Fuente: Propia

Para poder realizar la comparación entre ambos modelos y obtener la variación un con respecto del otro se usará la siguiente fórmula: $\pm SI(LP > 0; CP/LP - 1; " ")$, resultando la Tabla 28:

Tabla 28

Porcentaje de variación entre modelos (toneladas, ley y onzas) Sector 3

Banco/Nivel	Oct-17		
	CP vs. LP		
	Tons	Ley AU (g/t)	Onzas AU
4050			
4040			
4030			
4020			
4010			
4000			
3990	-6.9%	0.9%	-6.1%
3980	1.4%	-22.5%	-21.4%
3970	-3.6%	3.3%	-0.4%
3960	50.0%	39.3%	109.0%
3950			
TOTAL	0.4%	-18.1%	-17.8%

Fuente: Propia

De la Tabla 28, tomemos como ejemplo el caso del tonelaje para el nivel 3990 el cual varía en -6.9%, es decir, que el Corto Plazo ha registrado una disminución de tonelaje con respecto al largo plazo en 6.9%; pero como se observa hay incremento en la ley de minado en 0.9% con respecto a la ley inicialmente proyectada, este comportamiento es una tendencia en el proceso de reconciliación, pero no una regla (dependerá del comportamiento de la mineralización de la zona minada). Se realizó todo el proceso para todos los sectores de minado y meses que involucran las zonas de minado (ver ejemplo en sección [5.3.7](#)). Ver anexos del 1 al 9.

5.4.2. Cálculo de factores de reconciliación

El concepto que se usó es el de pronóstico móvil donde se pretende minimizar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos demanda reciente. En la Tabla 29 se muestra los resultados del minado de un mismo sector por tres meses consecutivos de explotación.

Tabla 29

Porcentajes de variación de minado consecutivos

Nov-16		
CP Vs LP		
Tons	Ley Au	Onzas Au
15.20%	-26.80%	-15.60%
Dic-16		
CP Vs LP		
Tons	Ley Au	Onzas Au
-73.10%	-44.40%	-85%
Set-17		
CP Vs LP		
Tons	Ley Au	Onzas Au
44.90%	19.60%	73.30%

Fuente: Propia

Para realizar el cálculo de los meses móviles realizamos seguimiento a los últimos tres meses minados de la zona minada, dando el siguiente resultado:

Para el tonelaje:

$$Ton = \frac{(15.2\% \pm 73.1\% + 44.9\%)}{3}$$

$$Ton = -3\%$$

Para la ley

$$Ley = \frac{(-26.8\% \pm 44.4\% + 19.6\%)}{3}$$

$$Ley = -14\%$$

No se calcula para las onzas ya que son el resultado del producto de la ley y el tonelaje. Se obtiene la Tabla 30:

Tabla 30

Tabla de factores de reconciliación Sector 3

	Oct-17		
	CP vs LP		
Banco / Nivel	TON-TOTAL MINERAL	Au (g/t)	Cont. Au (Oz.)
3980	-3%	-14%	

Fuente: Propia

De esta manera se obtienen los nuevos factores para la proyección y ajuste de las nuevas reservas. De la Tabla 30 se deduce que para un siguiente minado se deberá considerar un ajuste en el tonelaje de un -3% y para la ley de un -14%, en este caso se ve una disminución de mineral obtenido reportado por los taladros de producción. Se continuará con el cálculo para todos los sectores, meses y niveles (ver anexo 10 al 12).

En la Tabla 31 se muestra los factores de reconciliación global calculados para tonelaje y ley de los sectores:

Tabla 31*Tabla de factores de reconciliación Global*

Nivel	Factores de reconciliación para Tonelaje (tn)			Factores de reconciliación para Ley (Au g/t)		
	Sectores			Sectores		
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
4050	-	-	-29.5%	-	-	0.8%
4040	-	-	-76.9%	-	-	-2.9%
4030	-	-	-12.7%	-	-	-23.0%
4020	-	-	84.4%	-	-	-0.6%
4010	-	-	62.3%	-	-	43.4%
4000	-	-	-10.5%	-	-	35.1%
3990	-	-	-7.0%	-	-	-16.8%
3980	-	-	-7.7%	-	-	-19.0%
3970	-	32.5%	10.0%	-	-31.1%	-10.8%
3960	-	-19.6%	4.9%	-	-35.4%	-0.6%
3950	-	79.0%	-4.7%	-	-17.6%	-4.9%
3940	-	29.8%	-	-	-10.1%	-
3930	-	44.4%	-	-	10.2%	-
3920	-	25.3%	-	-	7.7%	-
3910	-	67.7%	-	-	-5.4%	-
3900	-	-10.8%	-	-	7.4%	-
3890	-	197.1%	-	-	8.9%	-
3880	-	27.1%	-	-	-0.1%	-
3870	-	9.0%	-	-	8.8%	-
3860	0.1%	-2.5%	-	-13.8%	2.4%	-
3850	168.5%	22.5%	-	-27.4%	2.7%	-
3840	14.1%	37.2%	-	29.8%	45.2%	-
3830	5.0%	-12.8%	-	15.5%	50.3%	-
3820	-13.0%	73.2%	-	40.0%	57.7%	-
3810	-13.6%	-12.2%	-	-20.0%	-25.4%	-
3800	15.9%	-	-	-4.9%	-	-
3790	-0.3%	-	-	3.4%	-	-
3780	30.5%	-	-	-0.9%	-	-
3770	-33.9%	-	-	-2.0%	-	-

*Fuente: Propia***5.4.3. Reservas con ajuste de factores y Geología de los sectores**

Para realizar el ajuste, siempre y cuando no se tenga confianza del modelo de bloques de largo plazo, ya sea por falta de información geológica, taladros de exploración o un mal método geoestadístico, se trabaja con los factores de reconciliación que se han determinado a partir de información histórica. Se multiplican estos factores al modelo de bloque de largo plazo con el fin de ajustar con información de corto plazo, la cual permitirá determinar una tendencia del

comportamiento de las reservas, pero restringiendo su uso según su comportamiento (más adelante se verá un análisis estadístico que brindará parámetros de aplicación).

En la Tabla 32 se tiene el modelo de bloques de largo plazo (caso ejemplo para un solo nivel), los factores previamente calculados, los cuales se multiplican tanto al tonelaje como a la ley del mineral, dando resultado un ajuste negativo en las onzas a extraer.

Tabla 32

Aplicación de factores de reconciliación

Oct-17			
Modelo de Largo Plazo			
Banco / Nivel	TON-TOTAL MINERAL	Au (g/t)	Cont. Au (Oz.)
3980	103,776	0.452	1,508
CP vs LP (Factores)			
Banco / Nivel	TON-TOTAL MINERAL	Au (g/t)	Cont. Au (Oz.)
3980	-3%	-14%	
Modelo de Largo Plazo multiplicado con factores			
Banco / Nivel	TON-TOTAL MINERAL	Au (g/t)	Cont. Au (Oz.)
3980	100,494	0.389	1,257

Fuente: Propia

Como se observa se ha tenido una variación de -251 (=1,257- 1,508) onzas con respecto al modelo de largo plazo, se da a entender que, en un futuro minado se extraerá menor cantidad a la proyectada. Con este dato se podrá ajustar la distribución de recursos, así como priorizar otros frentes para el mineral o para el descenso vertical necesario para encontrar o localizar mineral.

A continuación, se muestra el ajuste realizado a los sectores del tajo con los factores de reconciliación.

5.4.3.1. Sectores

- **Características mineralógicas del sector 1**

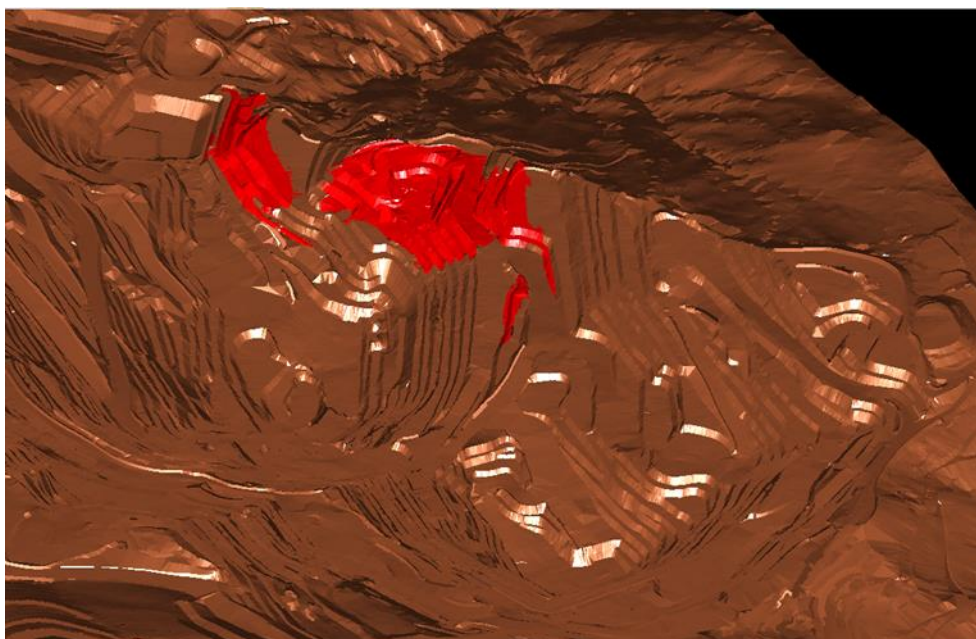
Tal como se ve en la Figura 72 es un Pórfido dacítico de textura porfirítica con feldespatos potásicos y aluminicos; la matriz débil a moderadamente silicificada, presenta fallas y fracturas las

cuales tienen mucha relación con la mineralización de la zona. La roca presente tiene un color violáceo y con presencia de óxidos (goethitas, jarositas y limos) en fracturas y en pátinas, se caracteriza por tener una débil presencia de sulfuros (pirita). El cuerpo mineralizado tiene un rumbo sureste - noroeste.

El porcentaje de finos varía entre un 25% a un 40% y su dureza promedio de 2 a 3, debido al zonamiento de la alteración se presenta como feeder el cuarzo alunita, a los bordes alunita arcilla y a los extremos de este el argílico sulfuro – óxido.

Figura 72

Vista del sector 1



Fuente: Propia

En la Tabla 33 se muestra la conversión, usando los factores de reconciliación, del modelo de largo plazo, donde se trabajó por cada banco del sector en su respectivo mes de minado, de esta manera realizar estos ajustes donde corresponda de acuerdo con el comportamiento geológico de cada corte de minado, así como nivel de estudio, en este caso se muestra cálculos para lo que es la

ley de mineral (Au g/t). Ver anexo 13 tablas de tonelaje, ley y onzas ajustadas con factores de reconciliación para sector 1.

Tabla 33

Aplicación de factores de reconciliación para sector 1

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo (Leyes por banco - Au g/t)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	0.440	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	0.335	0.367	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	0.438	0.387	0.364	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	0.564	0.506	0.804	-	-
3820	-	-	-	-	-	0.398	0.433	0.635	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	0.583	0.501	0.669	-
3800	0.335	-	-	-	-	-	-	0.623	0.337	0.505
3790	0.365	-	-	0.449	-	-	-	-	0.673	0.422
3780	-	0.473	0.463	1.088	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	1.058	-	-	0.688	-	-	-

Nivel	Sector 1: Factores para Leyes (%)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	-13.8%	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	-31.5%	-27.5%	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	23.1%	32.0%	20.2%	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-12.1%	40.3%	59.3%	-	-
3820	-	-	-	-	-	-8.6%	27.7%	51.6%	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-25.4%	-20.8%	-0.7%	-
3800	-8.9%	-	-	-	-	-	-	-9.8%	9.8%	24.1%
3790	4.5%	-	-	6.6%	-	-	-	-	-7.1%	14.6%
3780	-	10.7%	15.6%	-4.1%	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-3.3%	-	-	-	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo con factores (Leyes por banco - Au g/t)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	0.379	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	0.229	0.266	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	0.539	0.511	0.438	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	0.496	0.710	1.280	-	-
3820	-	-	-	-	-	0.364	0.553	0.963	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	0.434	0.397	0.664	-
3800	0.305	-	-	-	-	-	-	0.562	0.370	0.627
3790	0.381	-	-	0.479	-	-	-	-	0.625	0.483
3780	-	0.523	0.535	1.044	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	1.023	-	-	0.711	-	-	-

Fuente: Propia

En la Tabla 34 se aprecia una mejora en el reporte de leyes con respecto al modelo de largo plazo. Analizando el modelo de corto plazo se ve una reconciliación positiva al momento del minado, la aplicación de los factores de reconciliación global en el sector 1 género una

aproximación a la ley real minada reportada por el modelo de corto plazo. Se deberá realizar un análisis de la misma manera tal como se muestra en la Tabla 34 para el caso de tonelaje de cada sector, de esta manera, se verá la eficacia de la aplicación de factores (ver anexo 16 tablas resumen de los modelos con y sin factores de reconciliación).

Tabla 34

Resumen de modelos LP, CP y LPF

<i>Nivel</i>	<i>Sector 1: Ley (Au g/t)</i>			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
3860	0.492	0.440	-13.8%	0.379
3850	0.332	0.366	-27.4%	0.266
3840	0.439	0.391	29.8%	0.507
3830	0.853	0.536	15.5%	0.619
3820	0.702	0.518	40.0%	0.725
3810	0.614	0.505	-20.0%	0.404
3800	0.638	0.482	-4.9%	0.459
3790	0.603	0.397	3.4%	0.411
3780	0.936	0.978	-0.9%	0.970
3770	0.799	0.781	-2.0%	0.765
Total	0.69	0.52	8.0%	0.56

Nota: LP (largo plazo), CP (corto plazo), LPF (largo plazo con factores). *Fuente: Propia*

- **Características mineralógicas del sector 2**

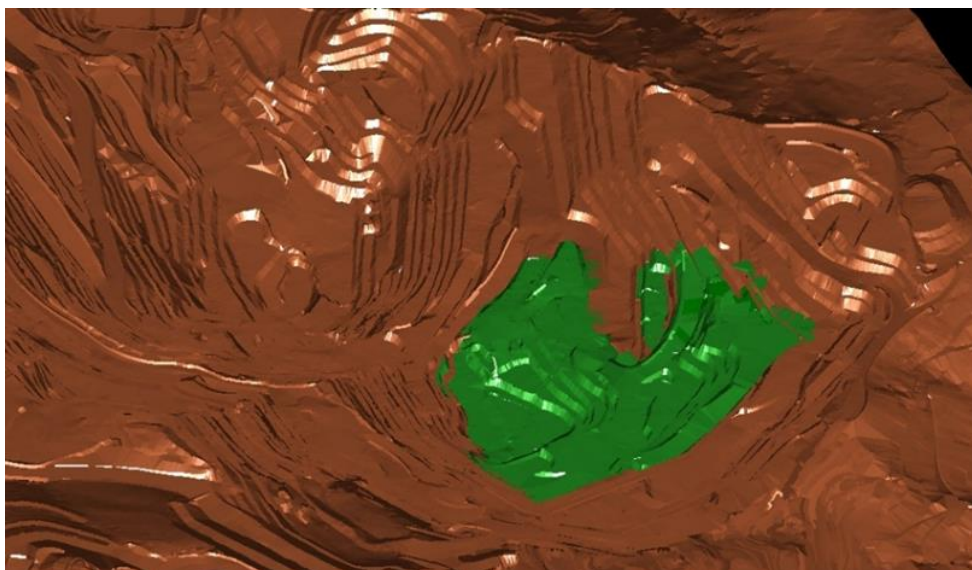
La Figura 73 es el sector 2, que es una toba dacítica de cristales con alteración vuggy y cuarzo alunita que ha sufrido el ataque ácido de fluidos magmáticos la cual prepararon a la roca dándole una característica más porosa y permitiendo que albergue en mayor proporción la mineralización, en esta zona se encuentra el cuerpo mineralizado más extenso.

Esta zona presenta oxidación dominada por hematitas y goethitas, en los niveles medios y superiores no se observa mayor presencia de sulfuros. Presenta una dureza entre 3 a 5 y porcentaje de finos entre 5% a 30%. Esta zona ha sido afectada por intenso fallamiento y fracturamiento, lo cual facilitó la mineralización de este cuerpo. En la siguiente figura se muestra la zona de minado

correspondiente al sector 2. Ver anexo 14 para reservas ajustadas con factores de reconciliación para el sector 2 y anexo 17 para resumen de modelos con y sin factores para sector 2.

Figura 73

Vista del sector 2



Fuente: Propia

- **Características mineralógicas del sector 3**

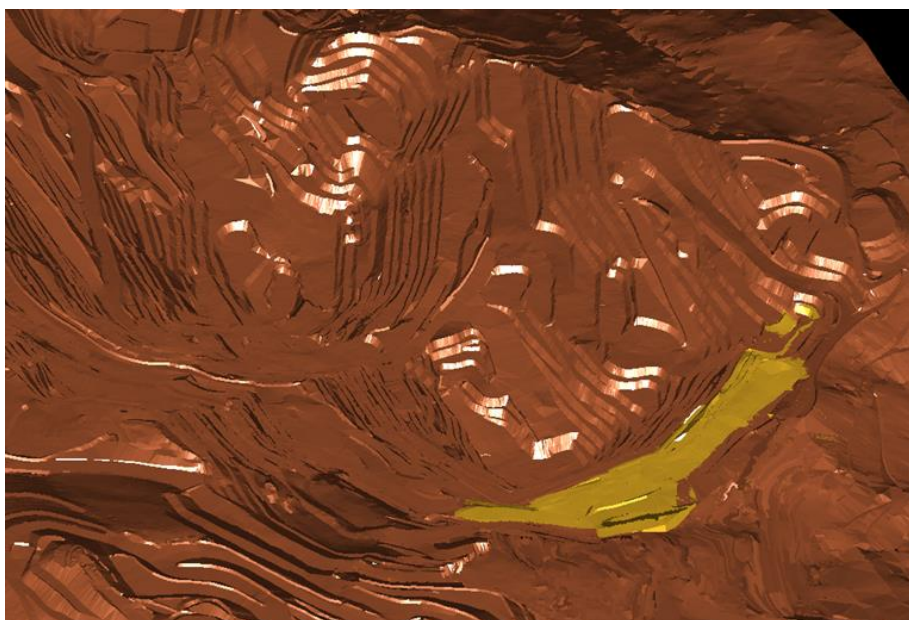
El sector 3 es presentado en la Figura 75, es una toba dacítica de fiames líticos que limita con los pórfidos dacíticos y andesíticos; es una toba menos porosa dando como resultado una menor mineralización global del cuerpo, aunque presenta estructuras mineralizadas aisladas dando como resultado su minado.

En este tipo de roca se observa un zonamiento de alteración, siendo los feeder vuggy silica, presenta una silicificación masiva a los bordes de este cuarzo alunita, seguida por alunitas arcillas de mayor extensión, terminado este zonamiento de alteración observamos argílicos sulfuros y argílicos óxidos. La dureza de esta zona varía de 2 a 3, con porcentaje de fino de 20 a 40 %. Mineralización está más relacionada a las fallas y fracturas medianamente favorable donde la ley

promedio varía entre 0.2g/t a 0.8 g/t (en estructuras aisladas). En la siguiente figura se muestra la zona de minado correspondiente al sector 3. Ver anexo 15 para reservas ajustadas con factores de reconciliación para el sector 3 y anexo 18 para resumen de modelos con y sin factores para sector 3.

Figura 74

Vista del sector 3



Fuente: Propia

5.4.3.2. Resumen Global de las zonas minadas

Como se observa en la Tabla 35 el modelo con factores de reconciliación es muy próximo al modelo de corto plazo, dándonos una mejor proyección de nuestras reservas.

En toda mina se requiere cumplir con los objetivos de minado y las proyecciones de su Budget; por tal motivo se requiere de una herramienta de confiabilidad, ahora si se tiene ratios de extracción bajos se tendrá un mayor error en el cálculo. Como se observa, se tiene para el modelo de corto plazo 128.3 k onzas, para el modelo de largo plazo 93.2 k onzas y para el modelo con factores de reconciliación 126.1 k onzas, dando una mejor proyección anual de las reservas a

extraer. Más adelante se realizará el análisis estadístico de lo obtenido. Ver anexo 19 para las tablas de tonelaje y ley.

Tabla 35

Resumen de modelos por bancos (onzas) del Sector Global

<i>Nivel</i>	<i>Global: Onzas (Oz)</i>			
	<i>Modelo Corto Plazo</i>	<i>Modelo Largo Plazo</i>	<i>Factores de reconciliación</i>	<i>Modelo Largo Pazo con factores</i>
4050	48.2	4.3	-28.9%	3.1
4040	143.9	523.0	-77.5%	117.6
4030	733.5	896.6	-32.8%	602.9
4020	1,047.8	852.9	83.5%	1,564.7
4010	2,849.0	1,552.5	132.7%	3,612.4
4000	3,836.3	3,787.2	20.9%	4,578.5
3990	3,686.0	2,356.9	-22.6%	1,825.1
3980	3,241.0	2,726.4	-25.3%	2,037.6
3970	3,048.5	1,671.5	-1.9%	1,639.7
3960	2,607.4	1,209.9	-6.7%	1,129.4
3950	1,459.1	1,082.5	47.0%	1,591.2
3940	1,590.5	1,429.4	16.7%	1,667.9
3930	2,121.3	1,303.2	59.1%	2,073.5
3920	3,232.9	2,627.5	34.9%	3,545.5
3910	8,745.9	6,152.4	58.6%	9,756.4
3900	12,017.3	9,238.3	-4.2%	8,852.6
3890	11,571.2	6,454.9	223.5%	20,883.3
3880	13,064.0	10,043.8	27.0%	12,754.0
3870	11,375.7	10,002.4	18.5%	11,856.1
3860	10,444.6	8,149.0	-0.2%	8,134.0
3850	7,663.0	4,703.8	27.2%	5,981.1
3840	5,200.1	4,104.4	97.1%	8,089.0
3830	5,736.2	3,422.5	27.5%	4,362.4
3820	5,715.0	3,552.6	36.2%	4,838.1
3810	3,634.3	2,939.8	-31.0%	2,028.5
3800	1,756.2	730.2	10.3%	805.1
3790	763.1	624.4	3.0%	643.3
3780	648.5	715.8	29.3%	925.8
3770	329.6	342.8	-35.2%	222.0
Total	128,310	93,201	35.3%	126,121

Fuente: Propia

En la Figura 75 se observa el minado durante el periodo de un año, los distintos colores representan a los sectores minados divididos en bancos, el sólido global es el que al final es analizado para ver el comportamiento de los modelos tanto con factores de reconciliación y sin ellos.

- **Características mineralógicas globales de la zona minada**

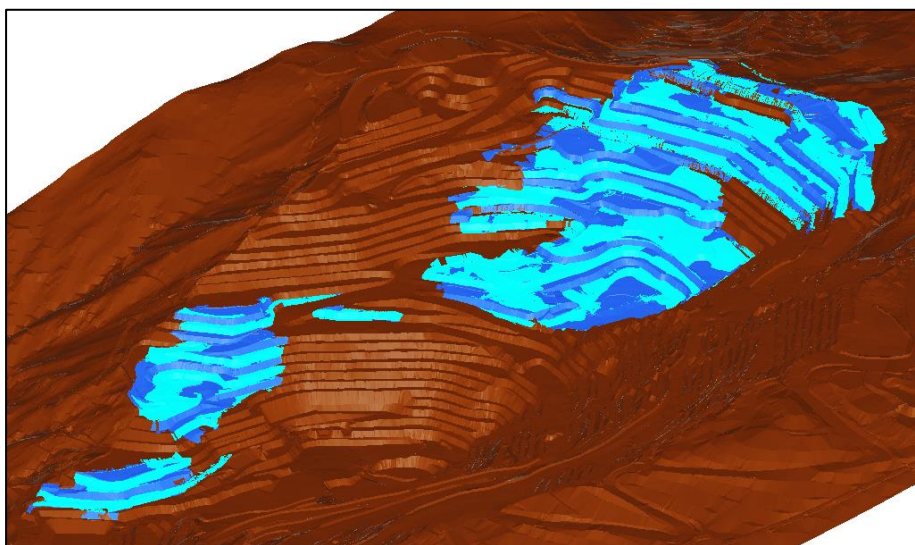
Terciario inferior, extensión asociada a vulcanismo y plutonismo. Fallas profundas controlan el emplazamiento de domos y flujos de lava. Emplazamiento de piroclastos riolíticos (ca. 16 Ma.), y mineralización epitermal de alta sulfuración. Intrusión de QFP (qz–feldspatos–biotita). El fallamiento continuo activo, controla el levantamiento y la erosión.

- **Niveles de minado**

La división por niveles, tal como se muestra en la Figura 75, nos permite calcular los factores de reconciliación por cada banco minado, de esta manera realizar un análisis más detallado del pronóstico móvil, relacionando los niveles con cada mes en cual fueron minados. Permite ver el comportamiento que posee el modelo de bloques de largo y de corto plazo, de esta manera ver la relación de las variables y determinar el valor de correlación, de tal manera que se conserve la relación inicial entre estas variables (comportamiento de la zona mineralizada) de los modelos sin y con la aplicación de los factores de reconciliación.

Figura 75

Vista global de los sectores por niveles



Fuente: Propia

5.5. Parámetros estadísticos de los modelos de bloques para asegurar la aplicación de los factores de reconciliación

La finalidad de realizar el análisis estadístico fue determinar el porcentaje de variación entre modelos, ver la efectividad de los factores de reconciliación con respecto a los modelos teóricos y determinar si los factores usados guardan una correlación implícita con cada zona estudiada.

Se determina la gráfica de dispersión para cada sector evaluado para la ley estimada (LP), ley estimada con factores de reconciliación y real (CP), así como el resumen global de la zona de minado. Se estudió las variables de Corto Plazo (CP) vs Largo Plazo (LP) y Corto Plazo (CP) vs Largo Plazo con Factores (LPF). De esta manera observar cuán dispersas y que relación guardan las variables.

Se calculó el coeficiente de correlación como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables de esta manera mantenernos dentro del grado de correlación que existe entre las variables iniciales de estudio de cada modelo, de esta manera conservar el comportamiento geológico que se encuentra en las zonas minadas representadas a través del modelo de bloques.

5.5.1. *Parámetros estadísticos para el Sector 1*

5.5.1.1. Sin factores

- **Variación**

Se determinó la variación entre los modelos de Corto Plazo (CP) y Largo Plazo (LP). Se observa que se tiene una variación global en el sector 1 de -35.0%, es decir que el modelo de largo plazo calculo 5,405.6 onzas menos que el modelo de corto plazo, extrayendo más onzas de las planificadas.

En este caso se está ganando más onzas de las proyectadas, pero esto significa que al momento de generar el presupuesto inicial se tuvo que ajustar a la cantidad de onzas recuperadas con el modelo de largo plazo, es decir, si se requería realizar obras de ampliación o desarrollo en el tajo, no se dieron por el bajo costo - beneficio que llevaba minar el sector 1.

A continuación, se presentan los cálculos para determinar las variaciones entre los modelos de largo plazo y corto plazo para tonelaje, ley y onzas, en la Tabla 36 se muestra las variaciones obtenidas por cada banco en el sector 1:

Tabla 36

Variación global del sector 1 sin factores

Sector 1: Variaciones LP VS CP									
	<i>Tonelaje (Tn)</i>			<i>Ley (Au g/t)</i>			<i>Onzas(Oz)</i>		
Nivel	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>Var (%)</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>Var (%)</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>Var (%)</i>
3860	1,332	1,815	36.3%	0.492	0.440	-10.6%	21.1	25.7	21.9%
3850	3,771	8,033	113.0%	0.332	0.366	10.2%	40.3	94.6	134.8%
3840	22,790	13,403	-41.2%	0.439	0.391	-11.0%	321.5	168.3	-47.6%
3830	113,320	73,355	-35.3%	0.853	0.536	-37.2%	3,108.1	1,263.9	-59.3%
3820	218,750	193,244	-11.7%	0.702	0.518	-26.3%	4,939.0	3,216.0	-34.9%
3810	178,402	176,256	-1.2%	0.614	0.505	-17.7%	3,522.9	2,863.1	-18.7%
3800	85,595	47,107	-45.0%	0.638	0.482	-24.5%	1,756.2	730.2	-58.4%
3790	39,384	48,881	24.1%	0.603	0.397	-34.1%	763.1	624.4	-18.2%
3780	21,539	22,765	5.7%	0.936	0.978	4.4%	648.5	715.8	10.4%
3770	12,833	13,654	6.4%	0.799	0.781	-2.3%	329.6	342.8	4.0%
TOTAL	697,716	598,513	-14.2%	0.689	0.522	-24.2%	15,450.2	10,044.7	-35.0%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{598,513 - 697,716}{697,716} \times 100 = -14.2$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.522 - 0.689}{0.689} \times 100 = -24.2$$

$$var. Onzas(\%) = \frac{10,044.7 - 15,450.2}{15,450.2} \times 100 = -35.0$$

- **Coefficiente de correlación**

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos las dos variables (CP y LP), de esta manera mantener nuestros cálculos dentro del grado de correlación existente entre las variables iniciales de estudio.

Si en caso se presenta una variación alta entre los coeficientes de correlación del modelo de largo plazo y el modelo ajustado por factores es preferible no utilizar dichos factores ya se estaría cambiando las condiciones del modelo inicial, tanto sus condiciones geológicas, comportamiento de la mineralización, entre otros.

En la Tabla 37 se elaboró los cálculos preliminares que permitieron el cálculo del coeficiente de Pearson, donde X es la ley real del modelo de corto plazo (CP) e Y es la ley estima del modelo de largo plazo (LP).

Tabla 37

Coefficiente de correlación en sector I sin factores (leyes)

<i>Sector I: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LP)2</i>	<i>XY (CP)*(LP)</i>
3860	0.492	0.440	0.242	0.194	0.217
3850	0.332	0.366	0.110	0.134	0.122
3840	0.439	0.391	0.192	0.153	0.171
3830	0.853	0.536	0.728	0.287	0.457
3820	0.702	0.518	0.493	0.268	0.364
3810	0.614	0.505	0.377	0.255	0.310
3800	0.638	0.482	0.407	0.232	0.308
3790	0.603	0.397	0.363	0.158	0.239
3780	0.936	0.978	0.877	0.956	0.916
3770	0.799	0.781	0.638	0.610	0.624
TOTAL	6.409	5.394	4.429	3.247	3.727

Fuente: Propia

Se describe la fórmula a utilizar del coeficiente de correlación (n es el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la tabla 37 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{10 \times 3.727 - 6.409 \times 5.394}{\sqrt{(10 \times 4.429 - 6.409^2)} \times \sqrt{(10 \times 3.247 - 5.394^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.8208$$

La relación o grado de intensidad lineal entre las variables corto y largo plazo (leyes) es de 0.8208 con un sentido positivo, explicado en otras palabras significa que si una variable aumenta la otra la hará proporcionalmente a la ecuación lineal que más adelante se muestra. La prueba en sí no considera a una como independiente y a otra como dependiente, ya que no se trata de una prueba que evalúa causalidad. Este coeficiente es independiente a la de la escala de medida de las variables a diferencia de la covarianza motivo por el cual será usado para comparaciones.

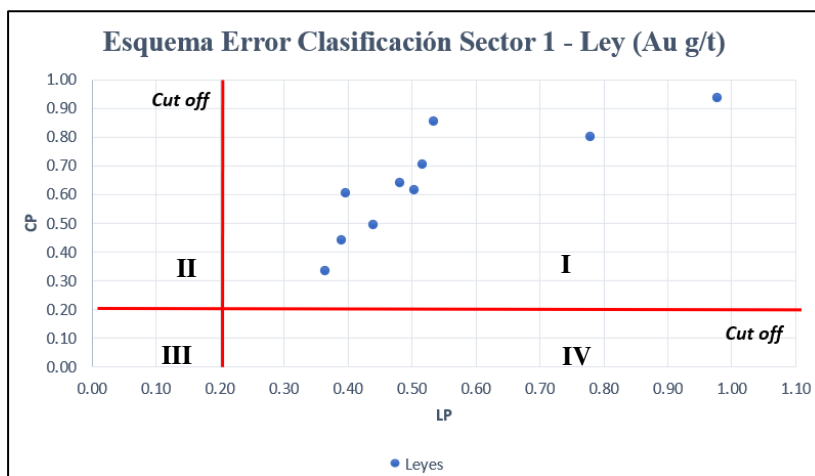
El coeficiente de correlación para el sector 1 fue de $r_{xy} = 0.8208$, cuando se calcule el coeficiente de correlación para el modelo ajustado por los factores de reconciliación, se deberá mantener un margen o variación de un 10% para no alterar el comportamiento general de la mineralización de la zona, tal como se muestra gráficamente en la Figura 76, entre las variables de corto y largo plazo con factores de reconciliación.

- **Regresión lineal**

En la Figura 76 se aprecia que ambos modelos han generado leyes por encima del cut off para cada banco minado en el sector 1, las líneas rojas dividen al diagrama en cuatro sectores, donde, el cuadrante I significa donde se estimó mineral se encontró mineral, en el cuadrante II se puede definir qué, donde se estimó desmonte se halló mineral, en el cuadrante III coincide para ambos casos desmonte y en el cuadrante IV se puede definir que donde se estimó mineral se encontró desmonte al momento del de la caracterización del modelo de corto plazo. No se parecía una mayor dispersión entre las variables con un $r_{xy} = 0.8208$.

Figura 76

Grafica de dispersión: LP y CP del sector 1 sin factores



Fuente: Propia

5.5.1.2. Con factores

- Variación**

Se observa en la Tabla 38 una variación global en el sector 1 con factores de -32.2%, es decir que el modelo de largo plazo calculo 4,968.5 onzas menos que el modelo de corto plazo, en comparación al modelo de largo plazo sin factores se observa un leve ajuste en el margen de error.

Tabla 38

Variación global del sector 1 con factores

Sector 1: Variaciones LPF VS CP									
Nivel	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)
3860	1,332	1,816	36.4%	0.492	0.379	-22.9%	21.1	22.1	5.1%
3850	3,771	21,570	472.0%	0.332	0.266	-20.0%	40.3	184.3	357.6%
3840	22,790	15,291	-32.9%	0.439	0.507	15.6%	321.5	249.3	-22.4%
3830	113,320	77,034	-32.0%	0.853	0.619	-27.4%	3,108.1	1,533.2	-50.7%
3820	218,750	168,122	-23.1%	0.702	0.725	3.2%	4,939.0	3,918.3	-20.7%
3810	178,402	152,284	-14.6%	0.614	0.404	-34.2%	3,522.9	1,978.2	-43.8%
3800	85,595	54,615	-36.2%	0.638	0.459	-28.2%	1,756.2	805.1	-54.2%
3790	39,384	48,712	23.7%	0.603	0.411	-31.8%	763.1	643.3	-15.7%
3780	21,539	29,697	37.9%	0.936	0.970	3.5%	648.5	925.8	42.8%
3770	12,833	9,023	-29.7%	0.799	0.765	-4.2%	329.6	222.0	-32.6%
TOTAL	697,716	578,164	-17.1%	0.689	0.564	-18.1%	15,450.2	10,481.7	-32.2%

Fuente: Propia

A continuación, se presentan los cálculos para determinar la variación, en la Tabla 38 se muestra las leyes obtenidas por cada banco en el sector 1 con factores tanto para el modelo de CP y LPF (largo plazo con factores de reconciliación).

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{578,164 - 697,716}{697,716} \times 100 = -17.1$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.564 - 0.689}{0.689} \times 100 = -18.1$$

$$var. Onzas(\%) = \frac{10,481.7 - 15,450.2}{15,450.2} \times 100 = -32.2$$

- **Coefficiente de correlación**

Se usa los datos de la Tabla 39 para el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 39

Cálculo de coeficiente de correlación en sector 1 con factores (leyes)

<i>Sector 1, Largo Plazo con Factores: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP con Fa</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LPF)2</i>	<i>XY (CP)*(LPF)</i>
3860	0.492	0.379	0.242	0.144	0.187
3850	0.332	0.266	0.110	0.071	0.088
3840	0.439	0.507	0.192	0.257	0.223
3830	0.853	0.619	0.728	0.383	0.528
3820	0.702	0.725	0.493	0.525	0.509
3810	0.614	0.404	0.377	0.163	0.248
3800	0.638	0.459	0.407	0.210	0.293
3790	0.603	0.411	0.363	0.169	0.248
3780	0.936	0.970	0.877	0.940	0.908
3770	0.799	0.765	0.638	0.586	0.611
TOTAL	6.409	5.504	4.429	3.448	3.842

Fuente: Propia

Coefficiente de correlación (n es el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la tabla 39 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{10 \times 3.842 - 6.409 \times 5.504}{\sqrt{(10 \times 4.429 - 6.409^2)} \times \sqrt{(10 \times 5.504 - 5.504^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.8577$$

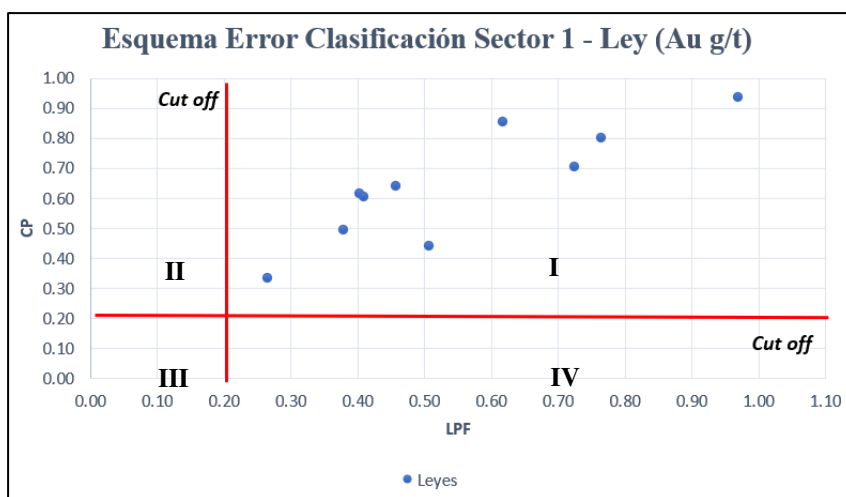
La relación o grado de intensidad lineal entre las variables corto y largo plazo con factores para las leyes estimada y reales fue de $r_{xy} = 0.8577$ con un sentido positivo, muy cercano al valor previamente calculado para la correlación entre modelos sin factores.

- **Regresión lineal**

En la figura 77 a las leyes estimas con factores de reconciliación y reales han determinado un comportamiento similar, centrándose en el cuadrante I, donde ambas se ubicaron por encima del cut off (0.2 g/t de Au). Se detalla un $r_{xy} = 0.8577$ el cual gráficamente se observa que las variables no presentan mayor dispersión.

Figura 77

Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 1 con factores



Fuente: Propia

- **Análisis resumen de los modelos de largo plazo sin y con factores**

Como se observa en la Tabla 40 se tiene una variación entre los coeficientes de correlación de CP vs LP y CP vs LPF que es de 4.50% valor que se encuentra dentro de los $\pm 10\%$ de margen

de error aceptable. El error aceptable, tanto para el análisis de coeficientes de Pearson de las variables de leyes como la variación entre tonelajes, ley y onzas de los modelos, dependerá del tamaño de la operación, entre más grande la operación el error puede llegar ser de 15%, para minas donde se tiene magnitudes de minado pequeñas se requiere una análisis más detallado y preciso de lo minado. El tener un comportamiento similar, tal como lo detalla el coeficiente de correlación, permitirá mantener las condiciones iniciales del modelo de largo plazo cuando se usa los factores de reconciliación. Por lo tanto, es recomendable usar los factores de reconciliación para ajustes en las reservas.

Tabla 40

Variación entre coeficientes de correlación en sector 1

<i>CP vs LP</i>	<i>CP vs LPF</i>	<i>Var(%)</i>
0.8208	0.8577	4.50%

Fuente: Propia

En la Tabla 41 se tiene el resumen de las variaciones, donde se observa una mejora en el resultado global de las onzas obtenidas, de igual manera para la ley pronosticada. En el tonelaje se mantuvo un margen de error medio con respecto a lo real obtenido. En este caso los factores de reconciliación mantuvieron el comportamiento negativo del tonelaje, pero se observó una mejora en la ley estima, la cual es la que define entre lo que es estéril o mineral, dando como resultado una mejora en onzas extraídas.

Tabla 41

Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 1

Sector 1: Variaciones			
	<i>Tonelaje (Tn)</i>	<i>Ley (Au g/t)</i>	<i>Onzas(Oz)</i>
LP VS CP	-14.2%	-24.2%	-35.0%
LPF VS CP	-17.1%	-18.1%	-32.2%

Fuente: Propia

5.5.2. Parámetros estadísticos para el Sector 2

5.5.2.1. Sin factores

- **Variación**

Se observa en la Tabla 42 que se tiene una variación global en el sector 2 de -26.5%, obteniendo 24,425.1 onzas menos que el modelo de corto plazo, por lo tanto, se extrajo más onzas de las planificadas.

En este caso se tiene una gran diferencia entre onzas proyectadas y onzas extraídas lo que ocasiona un cambio en los planes de minado en el transcurso del minado, ya que al encontrarse más onzas por nivel de minado las prioridades de desarrollo cambian.

A continuación, se presentan los cálculos para determinar las variaciones entre los modelos de largo plazo y corto plazo para tonelaje, ley y onzas, en la Tabla 42 se muestra las variaciones obtenidas por cada banco en el sector 2:

Tabla 42

Variación global del sector 2 sin factores (Onzas por banco)

Sector 2: Variaciones LP VS CP									
Nivel	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)
3970	158	503	218.4%	0.297	0.317	6.9%	1.5	5.1	240.4%
3960	55,266	19,911	-64.0%	0.361	0.395	9.2%	641.8	252.6	-60.6%
3950	98,785	50,850	-48.5%	0.455	0.656	44.2%	1,445.8	1,073.2	-25.8%
3940	137,465	91,720	-33.3%	0.360	0.485	34.7%	1,590.5	1,429.4	-10.1%
3930	183,388	110,755	-39.6%	0.360	0.366	1.7%	2,121.3	1,303.2	-38.6%
3920	278,518	250,901	-9.9%	0.361	0.326	-9.8%	3,232.9	2,627.5	-18.7%
3910	530,658	479,757	-9.6%	0.513	0.399	-22.2%	8,745.9	6,152.4	-29.7%
3900	694,856	667,374	-4.0%	0.538	0.431	-20.0%	12,017.3	9,238.3	-23.1%
3890	631,691	550,906	-12.8%	0.570	0.364	-36.0%	11,571.2	6,454.9	-44.2%
3880	665,290	545,535	-18.0%	0.611	0.573	-6.2%	13,064.0	10,043.8	-23.1%
3870	508,118	464,622	-8.6%	0.696	0.670	-3.8%	11,375.7	10,002.4	-12.1%
3860	500,274	475,787	-4.9%	0.648	0.531	-18.1%	10,423.5	8,123.3	-22.1%
3850	365,405	286,788	-21.5%	0.649	0.500	-23.0%	7,622.8	4,609.3	-39.5%
3840	287,167	336,470	17.2%	0.528	0.364	-31.1%	4,878.6	3,936.0	-19.3%
3830	174,293	220,398	26.5%	0.469	0.305	-35.0%	2,628.1	2,158.6	-17.9%
3820	52,163	37,624	-27.9%	0.463	0.278	-39.9%	776.0	336.6	-56.6%
3810	2,265	2,248	-0.8%	1.531	1.061	-30.7%	111.5	76.7	-31.2%
TOTAL	5,165,760	4,592,149	-11.1%	0.555	0.459	-17.3%	92,248.5	67,823.4	-26.5%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{4,592,149 - 5,165,760}{5,165,760} \times 100 = -11.1$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.459 - 0.555}{0.555} \times 100 = -17.3$$

$$var. Onzas(\%) = \frac{67,823.4 - 92,248.5}{92,248.5} \times 100 = -26.5$$

- **Coefficiente de correlación**

En la Tabla 43 se elaboró los cálculos para el coeficiente de Pearson, donde X es la ley real del modelo de corto plazo (CP) e Y es la ley estima del modelo de largo plazo (LP).

Tabla 43

Cálculo de coeficiente de correlación en sector 2 sin factores (onzas)

Sector 2: Ley (Au g/t)					
Nivel	X CP	Y LP	X ² (CP) ²	Y ² (LP) ²	XY (CP)*(LP)
3970	0.297	0.317	0.088	0.101	0.094
3960	0.361	0.395	0.130	0.156	0.143
3950	0.455	0.656	0.207	0.431	0.299
3940	0.360	0.485	0.130	0.235	0.174
3930	0.360	0.366	0.129	0.134	0.132
3920	0.361	0.326	0.130	0.106	0.118
3910	0.513	0.399	0.263	0.159	0.204
3900	0.538	0.431	0.289	0.185	0.232
3890	0.570	0.364	0.325	0.133	0.208
3880	0.611	0.573	0.373	0.328	0.350
3870	0.696	0.670	0.485	0.448	0.466
3860	0.648	0.531	0.420	0.282	0.344
3850	0.649	0.500	0.421	0.250	0.324
3840	0.528	0.364	0.279	0.132	0.192
3830	0.469	0.305	0.220	0.093	0.143
3820	0.463	0.278	0.214	0.077	0.129
3810	1.531	1.061	2.343	1.126	1.624
TOTAL	9.409	8.020	6.447	4.376	5.176

Fuente: Propia

Coefficiente de correlación (n en el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la Tabla 43 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{17 \times 5.176 - 9.409 \times 8.020}{\sqrt{(17 \times 6.447 - 9.409^2)} \times \sqrt{(17 \times 4.376 - 8.020^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.8595$$

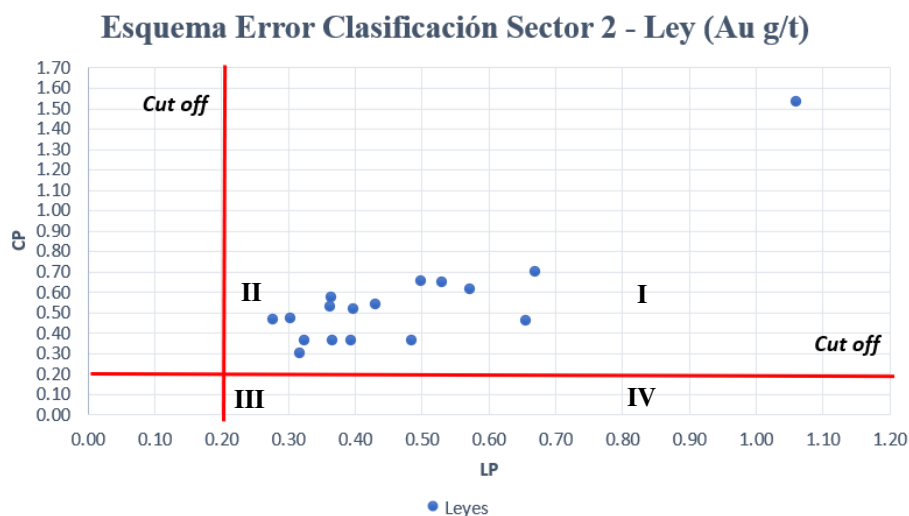
Existe una correlación positiva de $r_{xy} = 0.8595$ (fuerte intensidad entre las variables de CP y LP).

- **Regresión lineal**

En la Figura 78 se aprecia que ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au) para cada banco minado en el sector 2. En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican sus datos en este sector, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. No se aprecia una mayor dispersión entre las variables, se tiene un dato que podría identificarse como outlier, pero observando los resultados de corto plazo es una ley alta encontrada durante la identificación de corto plazo, lo que se ve corroborado con la alta estimación del modelo para el banco 3810.

Figura 78

Grafica de dispersión: LP y CP del sector 2 con factores



Fuente: Propia

5.5.2.2. Con factores

- **Variación**

Se tiene una variación global en el sector 2 con factores de 6.9%, es decir que el modelo de largo plazo con factores calculó 6,406.9 onzas más que el modelo de corto plazo, un mejor ajuste comparado con el desfase 24k onzas entre los modelos de corto plazo y largo plazo. En este caso se está perdiendo onzas en relación a las onzas planificadas con lo cual podría volver a nuestro frente de minado un frente secundario, pero debido al bajo porcentaje de diferencia solo se ajustará las proyecciones de recuperación de onzas en el pad y la falta de este porcentaje será cubierto por otro frente. En la Tabla 44 se muestra las onzas obtenidas en el sector 2 con factores.

Tabla 44

Variación global del sector 2 con factores y por bancos

Sector 2: Variaciones LPF VS CP									
Nivel	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)
3970	158	666	321.8%	0.297	0.219	-26.3%	1.5	4.7	210.7%
3960	55,266	16,009	-71.0%	0.361	0.255	-29.5%	641.8	131.1	-79.6%
3950	98,785	91,027	-7.9%	0.455	0.541	18.8%	1,445.8	1,582.8	9.5%
3940	137,465	119,046	-13.4%	0.360	0.436	21.1%	1,590.5	1,667.9	4.9%
3930	183,388	159,946	-12.8%	0.360	0.403	12.1%	2,121.3	2,073.5	-2.3%
3920	278,518	314,355	12.9%	0.361	0.351	-2.8%	3,232.9	3,545.5	9.7%
3910	530,658	804,399	51.6%	0.513	0.377	-26.4%	8,745.9	9,756.4	11.6%
3900	694,856	595,513	-14.3%	0.538	0.462	-14.0%	12,017.3	8,852.6	-26.3%
3890	631,691	1,636,589	159.1%	0.570	0.397	-30.3%	11,571.2	20,883.3	80.5%
3880	665,290	693,218	4.2%	0.611	0.572	-6.3%	13,064.0	12,754.0	-2.4%
3870	508,118	506,348	-0.3%	0.696	0.728	4.6%	11,375.7	11,856.1	4.2%
3860	500,274	464,101	-7.2%	0.648	0.544	-16.1%	10,423.5	8,111.8	-22.2%
3850	365,405	351,220	-3.9%	0.649	0.513	-20.9%	7,622.8	5,796.8	-24.0%
3840	287,167	461,607	60.7%	0.528	0.528	0.0%	4,878.6	7,839.7	60.7%
3830	174,293	192,238	10.3%	0.469	0.458	-2.4%	2,628.1	2,829.2	7.7%
3820	52,163	65,167	24.9%	0.463	0.439	-5.1%	776.0	919.8	18.5%
3810	2,265	1,975	-12.8%	1.531	0.791	-48.3%	111.5	50.2	-54.9%
TOTAL	5,165,760	6,473,425	25.3%	0.555	0.474	-14.7%	92,248.5	98,655.4	6.9%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$\text{var. Tonelaje(\%)} = \frac{6,473,425 - 5,165,760}{5,165,760} \times 100 = 25.2$$

$$\text{var. Ley(\%)} = \frac{0.474 - 0.555}{0.555} \times 100 = -14.7$$

$$\text{var. Onzas(\%)} = \frac{98,655.4 - 92,248.5}{92,248.5} \times 100 = 6.9$$

- **Coefficiente de correlación**

La tabla 45 muestra valores para el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 45

Cálculo de coeficiente de correlación en sector 2 con factores (leyes)

<i>Sector 2, Largo Plazo con factores: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP con Fa</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LPF)2</i>	<i>XY (CP)*(LPF)</i>
3970	0.297	0.219	0.088	0.048	0.065
3960	0.361	0.255	0.130	0.065	0.092
3950	0.455	0.541	0.207	0.292	0.246
3940	0.360	0.436	0.130	0.190	0.157
3930	0.360	0.403	0.129	0.163	0.145
3920	0.361	0.351	0.130	0.123	0.127
3910	0.513	0.377	0.263	0.142	0.193
3900	0.538	0.462	0.289	0.214	0.249
3890	0.570	0.397	0.325	0.158	0.226
3880	0.611	0.572	0.373	0.327	0.350
3870	0.696	0.728	0.485	0.530	0.507
3860	0.648	0.544	0.420	0.296	0.352
3850	0.649	0.513	0.421	0.264	0.333
3840	0.528	0.528	0.279	0.279	0.279
3830	0.469	0.458	0.220	0.210	0.215
3820	0.463	0.439	0.214	0.193	0.203
3810	1.531	0.791	2.343	0.626	1.211
TOTAL	9.409	8.014	6.447	4.118	4.950

Fuente: Propia

Coefficiente de correlación (n en el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la tabla 45 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{17 \times 4.950 - 9.409 \times 8.014}{\sqrt{(17 \times 6.447 - 9.409^2)} \times \sqrt{(17 \times 4.118 - 8.014^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.7916$$

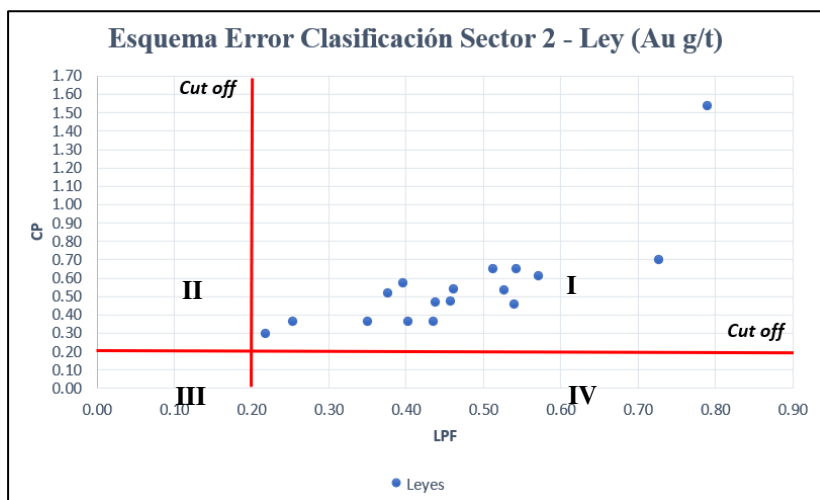
Existe una correlación positiva de $r_{xy} = 0.7916$

- **Regresión lineal**

En la Figura 79 se aprecia que ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au) para cada banco minado en el sector 2. En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican sus datos en este sector, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. No se parecía una mayor dispersión entre las variables ($r_{xy} = 0.7916$). de igual manera que el caso sin factores de reconciliación se tiene un dato que podría identificarse como outlier, pero esta ley alta estimada es corroborada por el modelo de corto.

Figura 79

Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 2 con factores



Fuente: Propia

- **Análisis resumen de los modelos de largo plazo y factores**

Como se observa en la Tabla 46 se tiene una variación entre los coeficientes de correlación de CP vs LP y CP vs LPF que es de -7.90% valor que se encuentra dentro de los $\pm 10\%$ de margen de error aceptable. El tener un comportamiento similar, tal como lo detalla el coeficiente de

correlación, permitirá mantener las condiciones iniciales del modelo de largo plazo cuando se usa los factores de reconciliación. Por lo tanto, es recomendable usar los factores de reconciliación para ajustes en las reservas.

Tabla 46

Variación entre coeficientes de correlación en sector 2

<i>CP vs LP</i>	<i>CP vs LPF</i>	<i>Var(%)</i>
0.8595	0.7916	-7.90%

Fuente: Propia

En la Tabla 47 se tiene el resumen de las variaciones, donde se observa una mejora en el resultado global de las onzas obtenidas, de igual manera para la ley pronosticada. El tonelaje mantuvo un margen de error medio con respecto a lo real obtenido pero esta vez de manera positiva, dando a entender que los factores de reconciliación calcularon un excedente de 25% con respecto a lo real obtenido, este tonelaje influye en la disposición de áreas de apilamiento de mineral, pero se observó una mejora en la ley estima, la cual es la que define entre lo que es estéril o mineral, dando como resultado una mejora en onzas extraídas.

Tabla 47

Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 2

Sector 2: Variaciones			
	<i>Tonelaje (Tn)</i>	<i>Ley (Au g/t)</i>	<i>Onzas(Oz)</i>
LP VS CP	-11.1%	-17.3%	-26.5%
LPF VS CP	25.3%	-14.7%	6.9%

Fuente: Propia

5.5.3. Parámetros estadísticos para el Sector 3

5.5.3.1. Sin factores

- Variación**

Se observa en la Tabla 48 que se tiene una variación global en el sector 3 de -25.6%, 5,278.9 onzas menos que el modelo de corto plazo.

En este caso se está ganando más onzas de las planificadas, esto significa que al momento de generar el presupuesto inicial se tuvo que ajustar a la cantidad de onzas recuperadas proyectadas por el modelo de largo plazo. En este ejemplo se puede apreciar un margen significativo en la obtención de onzas en el minado a corto plazo, dando como resultado un adelanto de la cantidad de mineral apilado en el pad. Este ejercicio requiere de una planificación de manera continua que vaya de la mano con estos cambios que se presentan.

A continuación, se presentan los cálculos para determinar las variaciones entre los modelos de largo plazo y corto plazo para tonelaje, ley y onzas, en la Tabla 48 se muestra las variaciones obtenidas por cada banco en el sector 3:

Tabla 48

Variación global del sector 3 sin factores y por bancos

Sector 3: Variaciones LP VS CP									
	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
Nivel	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)
4050	4,886	502	-89.7%	0.307	0.268	-12.7%	48.2	4.3	-91.0%
4040	16,734	41,552	148.3%	0.267	0.392	46.4%	143.9	523.0	263.5%
4030	72,591	88,017	21.3%	0.314	0.317	0.8%	733.5	896.6	22.2%
4020	93,770	79,080	-15.7%	0.348	0.335	-3.5%	1,047.8	852.9	-18.6%
4010	210,509	157,243	-25.3%	0.421	0.307	-27.0%	2,849.0	1,552.5	-45.5%
4000	273,043	278,117	1.9%	0.437	0.424	-3.1%	3,836.3	3,787.2	-1.3%
3990	271,502	190,945	-29.7%	0.422	0.384	-9.1%	3,686.0	2,356.9	-36.1%
3980	264,782	215,650	-18.6%	0.381	0.393	3.3%	3,241.0	2,726.4	-15.9%
3970	244,600	155,466	-36.4%	0.387	0.333	-14.0%	3,047.0	1,666.4	-45.3%
3960	116,477	88,966	-23.6%	0.525	0.335	-36.2%	1,965.6	957.3	-51.3%
3950	643	439	-31.7%	0.644	0.660	2.5%	13.3	9.3	-30.0%
TOTAL	1,569,537	1,295,977	-17.4%	0.408	0.368	-9.9%	20,611.7	15,332.8	-25.6%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{1,295,977 - 1,569,537}{1,569,537} \times 100 = -17.4$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.368 - 0.408}{0.408} \times 100 = -9.9$$

$$\text{var. Onzas(\%)} = \frac{15,332.8 - 20,611.7}{20,611.7} \times 100 = -25.6$$

- **Coefficiente de correlación**

En la Tabla 49 se elaboró los cálculos preliminares que permitieron el cálculo del coeficiente de Pearson, donde X es la ley real del modelo de corto plazo (CP) e Y es la ley estima del modelo de largo plazo (LP).

Tabla 49

Cálculo de coeficiente de correlación en sector 3 sin factores

<i>Sector 3: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LP)2</i>	<i>XY (CP)*(LP)</i>
4050	0.307	0.268	0.094	0.072	0.082
4040	0.267	0.392	0.072	0.153	0.105
4030	0.314	0.317	0.099	0.100	0.100
4020	0.348	0.335	0.121	0.113	0.117
4010	0.421	0.307	0.177	0.094	0.129
4000	0.437	0.424	0.191	0.179	0.185
3990	0.422	0.384	0.178	0.147	0.162
3980	0.381	0.393	0.145	0.155	0.150
3970	0.387	0.333	0.150	0.111	0.129
3960	0.525	0.335	0.275	0.112	0.176
3950	0.644	0.660	0.415	0.435	0.425
TOTAL	4.454	4.148	1.917	1.672	1.759

Fuente: Propia

A continuación, se describe la fórmula a utilizar del coeficiente de correlación (n en el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la tabla 49 en la ecuación:

$$r_{xy} = \frac{11 \times 1.759 - 4.454 \times 4.148}{\sqrt{(11 \times 1.917 - 4.454^2)} \times \sqrt{(11 \times 1.672 - 4.148^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.7186$$

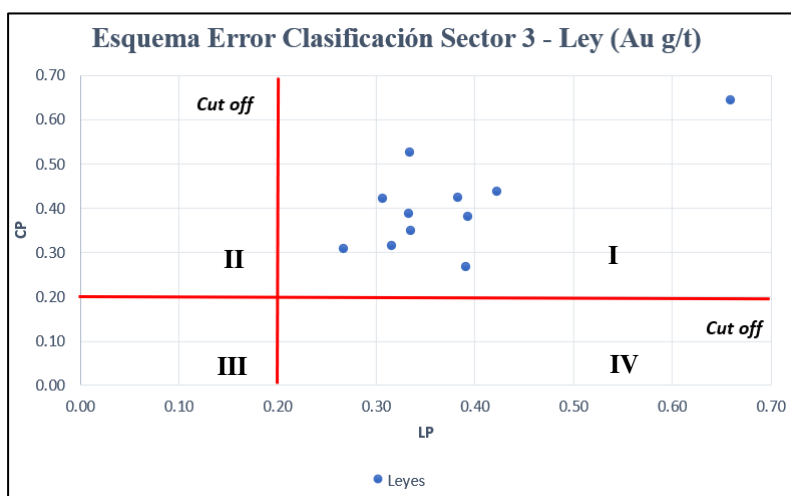
El coeficiente de correlación para el sector 3 fue de $r_{xy} = 0.7186$.

- **Regresión lineal**

En la Figura 80 ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au). En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican la totalidad de sus datos en este cuadrante, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. Se parecía una dispersión entre las variables de $r_{xy} = 0.7186$. Se tiene un dato que podría identificarse como outlier, pero esta ley alta estimada es corroborada por el modelo de corto plazo en el nivel 3950.

Figura 80

Grafica de dispersión: LP y CP del sector 3 sin factores



Fuente: Propia

5.5.3.2. Con factores

- **Variación**

La variación global en el sector 3 con factores es de -17.6%, es decir que el modelo de largo plazo calculó 3,628.1 onzas menos que el modelo de corto plazo. El uso de los factores de reconciliación realizó una mejor aproximación a las reservas reales extraídas, este acercamiento deberá ser validada a través de la variación entre modelos y del coeficiente de correlación. En la tabla 50 se muestra las leyes obtenidas por cada banco en el sector 3 con factores tanto para el modelo de CP y LPF (largo plazo con factores de reconciliación).

Tabla 50*Variación global del sector 3 con factores y variación por bancos*

Sector 3: Variaciones LPF VS CP									
	<i>Tonelaje (Tn)</i>			<i>Ley (Au g/t)</i>			<i>Oncias(Oz)</i>		
Nivel	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)
4050	4,886	354	-92.8%	0.307	0.270	-11.9%	48.2	3.1	-93.6%
4040	16,734	9,617	-42.5%	0.267	0.380	42.2%	143.9	117.6	-18.3%
4030	72,591	76,809	5.8%	0.314	0.244	-22.3%	733.5	602.9	-17.8%
4020	93,770	145,794	55.5%	0.348	0.334	-4.0%	1,047.8	1,564.7	49.3%
4010	210,509	255,198	21.2%	0.421	0.440	4.6%	2,849.0	3,612.4	26.8%
4000	273,043	248,914	-8.8%	0.437	0.572	30.9%	3,836.3	4,578.5	19.3%
3990	271,502	177,645	-34.6%	0.422	0.320	-24.3%	3,686.0	1,825.1	-50.5%
3980	264,782	198,973	-24.9%	0.381	0.319	-16.3%	3,241.0	2,037.6	-37.1%
3970	244,600	170,989	-30.1%	0.387	0.297	-23.2%	3,047.0	1,635.0	-46.3%
3960	116,477	93,300	-19.9%	0.525	0.333	-36.6%	1,965.6	998.3	-49.2%
3950	643	419	-34.9%	0.644	0.628	-2.5%	13.3	8.4	-36.5%
TOTAL	1,569,537	1,378,011	-12.2%	0.408	0.383	-6.1%	20,611.7	16,983.6	-17.6%

Fuente: Propia

$$\text{var. Tonelaje(\%)} = \frac{1,378,011 - 1,569,537}{1,569,537} \times 100 = -12.2$$

$$\text{var. Ley(\%)} = \frac{0.383 - 0.408}{0.408} \times 100 = -6.1$$

$$\text{var. Oncias(\%)} = \frac{16,983.6 - 20,611.7}{20,611.7} \times 100 = -17.6$$

- Coeficiente de correlación**

En la tabla 51 se muestra los datos necesarios para el cálculo del coeficiente del sector 3.

Tabla 51*Cálculo de coeficiente de correlación en sector 3 con factores*

Sector 2, Largo Plazo con factores: Ley (Au g/t)					
Nivel	X CP	Y LP con Fa	X ² (CP) ²	Y ² (LPF) ²	XY (CP)*(LPF)
4050	0.307	0.270	0.094	0.073	0.083
4040	0.267	0.380	0.072	0.145	0.102
4030	0.314	0.244	0.099	0.060	0.077
4020	0.348	0.334	0.121	0.111	0.116
4010	0.421	0.440	0.177	0.194	0.185
4000	0.437	0.572	0.191	0.327	0.250
3990	0.422	0.320	0.178	0.102	0.135
3980	0.381	0.319	0.145	0.101	0.121
3970	0.387	0.297	0.150	0.088	0.115
3960	0.525	0.333	0.275	0.111	0.175
3950	0.644	0.628	0.415	0.394	0.404
TOTAL	4.454	4.137	1.917	1.707	1.763

Fuente: Propia

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la Tabla 51 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{11 \times 1.763 - 4.454 \times 4.137}{\sqrt{(11 \times 1.917 - 4.454^2)} \times \sqrt{(11 \times 1.707 - 4.137^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.6729$$

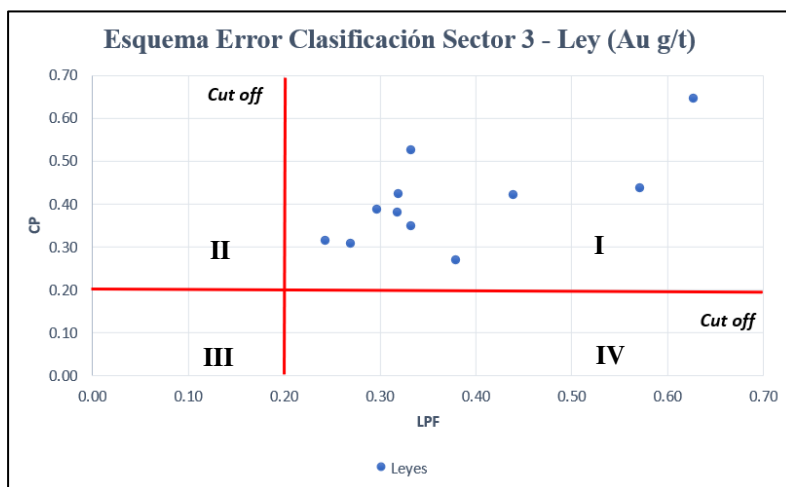
El coeficiente de correlación para el sector 3 con factores fue de $r_{xy} = 0.6729$, este coeficiente es cercano al anterior calculado sin factores y representa las condiciones iniciales de los modelos. El coeficiente indica una relación media entre las variables CP y LPF.

- **Regresión lineal**

En la Figura 81 se aprecia que ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au) para cada banco minado en el sector 3.

Figura 81

Grafica de dispersión: LPF y CP del sector 3 con factores



Fuente: Propia

En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican sus datos en este sector, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. Se parecía una dispersión entre las variables de $r_{xy} = 0.6729$, de igual manera que el caso sin factores de

reconciliación se tiene un dato que podría identificarse como outlier, pero esta ley alta estimada es corroborada por el modelo de corto plazo en el nivel 3810.

- **Análisis resumen de los modelos de largo plazo y con factores**

Como se observa en la Tabla 52 se tiene una variación entre los coeficientes de correlación de CP vs LP y CP vs LPF que es de -6.36% valor que se encuentra dentro de los $\pm 10\%$ de margen de error aceptable. El tener un comportamiento similar, tal como lo señala el coeficiente de correlación, permitirá mantener las condiciones iniciales del modelo de largo plazo cuando se usa los factores de reconciliación. Por lo tanto, es recomendable usar los factores de reconciliación para ajustes en las reservas.

Tabla 52

Variación entre coeficientes de correlación en sector 3

<i>CP vs LP</i>	<i>CP vs LPF</i>	<i>Var(%)</i>
0.7186	0.6729	-6.36%

Fuente: Propia

En la Tabla 53 se tiene el resumen de las variaciones, donde se observa una mejora en el resultado global de las onzas obtenidas, de igual manera para la ley pronosticada y tonelaje. En el tonelaje es de suma importancia ya que permitirá cuantificar cuánto mineral será enviado a las pilas de lixiviación y se dispondrá de áreas adecuadas para el periodo de minado. Se observó una mejora en la ley estima, la cual es la que define entre lo que es estéril o mineral, dando como resultado una mejora en onzas extraídas.

Tabla 53

Variaciones entre modelos con y sin factores Sector 3

Sector 3: Variaciones			
	<i>Tonelaje (Tn)</i>	<i>Ley (Au g/t)</i>	<i>Onzas(Oz)</i>
LP VS CP	-17.4%	-9.9%	-25.6%
LPF VS CP	-12.2%	-6.1%	-17.6%

Fuente: Propia

5.5.4. Resumen y análisis de parámetros estadísticos para el Sector Global

5.5.4.1. Sin factores

- **Variación**

Tal como se observa en la Tabla 54 se determinó la variación entre los modelos de Corto Plazo (CP) y Largo Plazo (LP). Se observa que se tiene una variación global en el sector global de 27.4%, es decir, el modelo de largo plazo calculo 35,109.6 onzas menos que el modelo de corto plazo, extrayendo más onzas de las planificadas.

En este caso se está ganando más onzas de las proyectadas, pero esto significa que al momento de generar el presupuesto inicial se tuvo que ajustar a la cantidad de onzas recuperadas con el modelo de largo plazo, es decir, si se requería realizar obras de ampliación o desarrollo en el tajo, no se dieron por el bajo costo - beneficio que llevaba minar.

La reconciliación global de las zonas de minado arrojó una reconciliación positiva a favor del modelo de corto plazo, con lo cual se obtuvo más onzas de las proyectadas inicialmente. Como se puede apreciar, el modelo de largo plazo tiene carencia de precisión, ya sea por falta de información o por un inadecuado uso del modelo geoestadístico para el cálculo de reservas, estas diferencias influyen en la concepción inicial de nuestros planes de minado ya que nos basamos en esta información inicial, pudiendo ser diferente y generar nuevos desarrollos por el mejor costo – beneficio que se tendría con un ajuste en los cálculos de las reservas en los planes de minado a corto plazo.

Se presentan los cálculos para determinar las variaciones entre los modelos de largo plazo y corto plazo para tonelaje, ley y onzas, en la Tabla 54 se muestra las variaciones obtenidas por cada banco y en la Tabla 55 se muestra los datos para el cálculo del coeficiente de correlación global de los sectores minados.

Tabla 54*Variación global de los sectores sin factores por bancos*

Sector Global: Variaciones LP VS CP									
	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
Nivel	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)	X CP	Y LP	Var (%)
4050	4,886	502	-89.7%	0.307	0.268	-12.7%	48.2	4.3	-91.0%
4040	16,734	41,552	148.3%	0.267	0.392	46.4%	143.9	523.0	263.5%
4030	72,591	88,017	21.3%	0.314	0.317	0.8%	733.5	896.6	22.2%
4020	93,770	79,080	-15.7%	0.348	0.335	-3.5%	1,047.8	852.9	-18.6%
4010	210,509	157,243	-25.3%	0.421	0.307	-27.0%	2,849.0	1,552.5	-45.5%
4000	273,043	278,117	1.9%	0.437	0.424	-3.1%	3,836.3	3,787.2	-1.3%
3990	271,502	190,945	-29.7%	0.422	0.384	-9.1%	3,686.0	2,356.9	-36.1%
3980	264,782	215,650	-18.6%	0.381	0.393	3.3%	3,241.0	2,726.4	-15.9%
3970	244,758	155,969	-36.3%	0.387	0.333	-14.0%	3,048.5	1,671.5	-45.2%
3960	171,743	108,877	-36.6%	0.472	0.346	-26.8%	2,607.4	1,209.9	-53.6%
3950	99,428	51,289	-48.4%	0.456	0.656	43.8%	1,459.1	1,082.5	-25.8%
3940	137,465	91,720	-33.3%	0.360	0.485	34.7%	1,590.5	1,429.4	-10.1%
3930	183,388	110,755	-39.6%	0.360	0.366	1.7%	2,121.3	1,303.2	-38.6%
3920	278,518	250,901	-9.9%	0.361	0.326	-9.8%	3,232.9	2,627.5	-18.7%
3910	530,658	479,757	-9.6%	0.513	0.399	-22.2%	8,745.9	6,152.4	-29.7%
3900	694,856	667,374	-4.0%	0.538	0.431	-20.0%	12,017.3	9,238.3	-23.1%
3890	631,691	550,906	-12.8%	0.570	0.364	-36.0%	11,571.2	6,454.9	-44.2%
3880	665,290	545,535	-18.0%	0.611	0.573	-6.2%	13,064.0	10,043.8	-23.1%
3870	508,118	464,622	-8.6%	0.696	0.670	-3.8%	11,375.7	10,002.4	-12.1%
3860	501,606	477,602	-4.8%	0.648	0.531	-18.1%	10,444.6	8,149.0	-22.0%
3850	369,176	294,821	-20.1%	0.646	0.496	-23.1%	7,663.0	4,703.8	-38.6%
3840	309,957	349,873	12.9%	0.522	0.365	-30.1%	5,200.1	4,104.4	-21.1%
3830	287,613	293,753	2.1%	0.620	0.362	-41.6%	5,736.2	3,422.5	-40.3%
3820	270,913	230,868	-14.8%	0.656	0.479	-27.1%	5,715.0	3,552.6	-37.8%
3810	180,667	178,504	-1.2%	0.626	0.512	-18.1%	3,634.3	2,939.8	-19.1%
3800	85,595	47,107	-45.0%	0.638	0.482	-24.5%	1,756.2	730.2	-58.4%
3790	39,384	48,881	24.1%	0.603	0.397	-34.1%	763.1	624.4	-18.2%
3780	21,539	22,765	5.7%	0.936	0.978	4.4%	648.5	715.8	10.4%
3770	12,833	13,654	6.4%	0.799	0.781	-2.3%	329.6	342.8	4.0%
TOTAL	7,433,013	6,486,639	-12.7%	0.537	0.447	-16.8%	128,310.4	93,200.9	-27.4%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{6,486,639 - 7,433,013}{7,433,013} \times 100 = -12.7$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.447 - 0.537}{0.537} \times 100 = -16.8$$

$$var. Onzas(\%) = \frac{93,200.9 - 128,310.4}{128,310.4} \times 100 = -27.4$$

- **Coefficiente de correlación**

Tabla 55

Cálculo de coeficiente de correlación en sector global sin factores

<i>Sector Global: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LP</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LP)2</i>	<i>XY (CP)*(LP)</i>
4050	0.307	0.268	0.094	0.072	0.082
4040	0.267	0.392	0.072	0.153	0.105
4030	0.314	0.317	0.099	0.100	0.100
4020	0.348	0.335	0.121	0.113	0.117
4010	0.421	0.307	0.177	0.094	0.129
4000	0.437	0.424	0.191	0.179	0.185
3990	0.422	0.384	0.178	0.147	0.162
3980	0.381	0.393	0.145	0.155	0.150
3970	0.387	0.333	0.150	0.111	0.129
3960	0.472	0.346	0.223	0.119	0.163
3950	0.456	0.656	0.208	0.431	0.300
3940	0.360	0.485	0.130	0.235	0.174
3930	0.360	0.366	0.129	0.134	0.132
3920	0.361	0.326	0.130	0.106	0.118
3910	0.513	0.399	0.263	0.159	0.204
3900	0.538	0.431	0.289	0.185	0.232
3890	0.570	0.364	0.325	0.133	0.208
3880	0.611	0.573	0.373	0.328	0.350
3870	0.696	0.670	0.485	0.448	0.466
3860	0.648	0.531	0.419	0.282	0.344
3850	0.646	0.496	0.417	0.246	0.320
3840	0.522	0.365	0.272	0.133	0.190
3830	0.620	0.362	0.385	0.131	0.225
3820	0.656	0.479	0.431	0.229	0.314
3810	0.626	0.512	0.391	0.262	0.321
3800	0.638	0.482	0.407	0.232	0.308
3790	0.603	0.397	0.363	0.158	0.239
3780	0.936	0.978	0.877	0.956	0.916
3770	0.799	0.781	0.638	0.610	0.624
TOTAL	14.915	13.151	8.383	6.644	7.305

Fuente: Propia

A continuación, se describe la fórmula a utilizar del coeficiente de correlación (n en el número de datos analizados).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la Tabla 55 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{29 \times 7.305 - 14.915 \times 13.151}{\sqrt{(29 \times 8.383 - 14.915^2)} \times \sqrt{(29 \times 6.644 - 13.151^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.7782$$

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el comportamiento o grado de relación de las dos variables, tanto para el caso del modelo de largo plazo versus el de corto plazo, como el de largo plazo con factores de reconciliación y corto plazo, de esta manera mantener nuestros cálculos dentro del grado de correlación existente entre las variables iniciales de estudio.

Durante el análisis de los sectores de minado del tajo no se ha tenido un caso donde se presente una variación alta entre los coeficientes de correlación del modelo de largo plazo y el modelo ajustado por factores de reconciliación. De no ser así, es preferible no utilizar dichos factores ya que se estaría cambiando las condiciones del modelo inicial, tanto sus condiciones geológicas, comportamiento de la mineralización, entre otros.

En la Tabla 55 se elaboró los cálculos preliminares que permitieron el cálculo del coeficiente de Pearson, donde X es la ley real del modelo de corto plazo (CP) e Y es la ley estima del modelo de largo plazo (LP), dando como resultado un coeficiente de correlación para el sector global fue de $r_{xy} = 0.7782$.

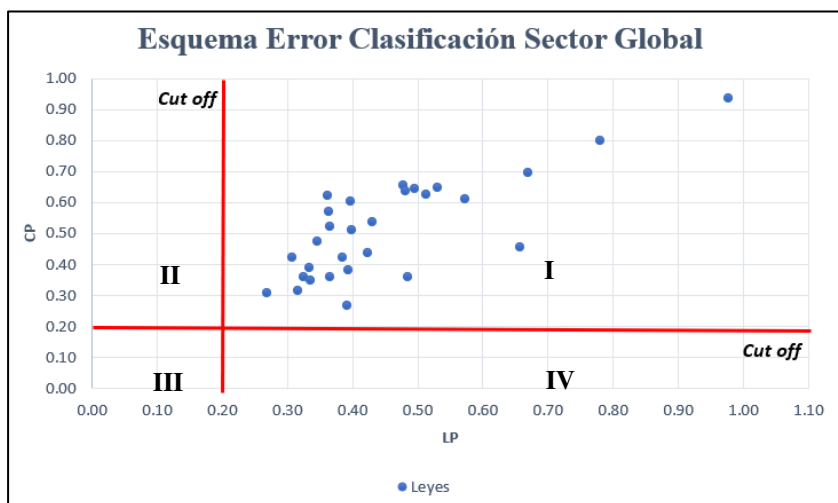
- **Regresión lineal**

En la Figura 82 ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au). En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican la totalidad de sus datos en este cuadrante, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. Se parecía una dispersión entre las variables de $r_{xy} = 0.7782$. Se tiene un dato que podría identificarse como outliner, pero esta ley alta estimada es corroborada por el modelo de corto plazo en el nivel 3770

y 3780, demostrando que mientras más profundización se realiza a través del minado mejores leyes se encuentran.

Figura 82

Grafica de dispersión: LP y CP del sector global sin factores



Fuente: Propia

5.5.4.2. Con factores

- **Variación**

Se tiene una variación en el sector global de -1.7%, el modelo de largo plazo con factores calculo 2,189.8 onzas más que el modelo de corto plazo. Tan solo hubo una diferencia de un poco más de 2,100 onzas con respecto a la información real obtenida (corto plazo), lo que demuestra que existe un buen ajuste global usando los factores de reconciliación de cada zona evaluada. La reconciliación Global resultó ser de solo 1.7%, se observa que los factores de reconciliación utilizados mantienen una tendencia de ajuste positivo al modelo de largo plazo.

Para la formulación de un Budget o forecast inicial estos ajustes serían de gran ayuda al momento de obtener una información más certera, permitiendo distribuir las actividades de desarrollo del minado, así como priorizar el minado de ciertos sectores de la mina según se requiera, un ejemplo sería el mayor avance de minado y descenso vertical en temporada seca, de

esta manera se agilizan las labores que en época de lluvia podrían ser muy dificultosas tanto su preparación como desarrollo.

Se presentan los cálculos para determinar la variación, en la Tabla 56 se muestra las leyes obtenidas por cada banco en el sector 1 con factores tanto para el modelo de CP y LPF (largo plazo con factores de reconciliación).

Tabla 56

Variación global de los sectores con factores y variación por bancos

Sector Global: Variaciones LPF VS CP									
Nivel	Tonelaje (Tn)			Ley (Au g/t)			Onzas(Oz)		
	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)	X CP	Y LPF	Var (%)
4050	4,886	354	-92.8%	0.307	0.270	-11.9%	48.2	3.1	-93.6%
4040	16,734	9,617	-42.5%	0.267	0.380	42.2%	143.9	117.6	-18.3%
4030	72,591	76,809	5.8%	0.314	0.244	-22.3%	733.5	602.9	-17.8%
4020	93,770	145,794	55.5%	0.348	0.334	-4.0%	1,047.8	1,564.7	49.3%
4010	210,509	255,198	21.2%	0.421	0.440	4.6%	2,849.0	3,612.4	26.8%
4000	273,043	248,914	-8.8%	0.437	0.572	30.9%	3,836.3	4,578.5	19.3%
3990	271,502	177,645	-34.6%	0.422	0.320	-24.3%	3,686.0	1,825.1	-50.5%
3980	264,782	198,973	-24.9%	0.381	0.319	-16.3%	3,241.0	2,037.6	-37.1%
3970	244,758	171,655	-29.9%	0.387	0.297	-23.3%	3,048.5	1,639.7	-46.2%
3960	171,743	109,309	-36.4%	0.472	0.321	-31.9%	2,607.4	1,129.4	-56.7%
3950	99,428	91,446	-8.0%	0.456	0.541	18.6%	1,459.1	1,591.2	9.1%
3940	137,465	119,046	-13.4%	0.360	0.436	21.1%	1,590.5	1,667.9	4.9%
3930	183,388	159,946	-12.8%	0.360	0.403	12.1%	2,121.3	2,073.5	-2.3%
3920	278,518	314,355	12.9%	0.361	0.351	-2.8%	3,232.9	3,545.5	9.7%
3910	530,658	804,399	51.6%	0.513	0.377	-26.4%	8,745.9	9,756.4	11.6%
3900	694,856	595,513	-14.3%	0.538	0.462	-14.0%	12,017.3	8,852.6	-26.3%
3890	631,691	1,636,589	159.1%	0.570	0.397	-30.3%	11,571.2	20,883.3	80.5%
3880	665,290	693,218	4.2%	0.611	0.572	-6.3%	13,064.0	12,754.0	-2.4%
3870	508,118	506,348	-0.3%	0.696	0.728	4.6%	11,375.7	11,856.1	4.2%
3860	501,606	465,917	-7.1%	0.648	0.543	-16.2%	10,444.6	8,134.0	-22.1%
3850	369,176	372,790	1.0%	0.646	0.499	-22.7%	7,663.0	5,981.1	-21.9%
3840	309,957	476,898	53.9%	0.522	0.528	1.1%	5,200.1	8,089.0	55.6%
3830	287,613	269,273	-6.4%	0.620	0.504	-18.8%	5,736.2	4,362.4	-23.9%
3820	270,913	233,289	-13.9%	0.656	0.645	-1.7%	5,715.0	4,838.1	-15.3%
3810	180,667	154,258	-14.6%	0.626	0.409	-34.6%	3,634.3	2,028.5	-44.2%
3800	85,595	54,615	-36.2%	0.638	0.459	-28.2%	1,756.2	805.1	-54.2%
3790	39,384	48,712	23.7%	0.603	0.411	-31.8%	763.1	643.3	-15.7%
3780	21,539	29,697	37.9%	0.936	0.970	3.5%	648.5	925.8	42.8%
3770	12,833	9,023	-29.7%	0.799	0.765	-4.2%	329.6	222.0	-32.6%
TOTAL	7,433,013	8,429,599	13.4%	0.537	0.465	-13.3%	128,310.4	126,120.7	-1.7%

Fuente: Propia

$$var(\%) = \frac{(\sum y - \sum x)}{\sum x} \times 100$$

$$var. Tonelaje(\%) = \frac{8,429,599 - 7,433,013}{7,433,013} \times 100 = 13.4$$

$$var. Ley(\%) = \frac{0.465 - 0.537}{0.537} \times 100 = -13.3$$

$$var. Onzas(\%) = \frac{126,120.7 - 128,310.4}{128,310.4} \times 100 = -1.7$$

Se ha observado que el uso de los factores de reconciliación en el ajuste de las reservas ha brindado información representativa más cercana a los datos reales obtenidos. Cabe resaltar que se deberá aplicar métodos que busquen el grado de correlación dentro de las zonas estudiadas de las variables a trabajar, de esta manera conocer el comportamiento del modelo, como lo es el coeficiente de correlación. Además de buscar una mínima variación entre estos coeficientes. Este coeficiente es relevante ya que se busca mantener el mismo comportamiento a lo largo del proceso de ajuste sin alterar de manera abrupta la información inicial. La Tabla 57 muestra el procesamiento de los datos para la obtención de estos coeficientes.

- **Coefficiente de correlación**

Tabla 57

Cálculos de coeficiente de correlación en sector global con factores

<i>Sector Global, Largo Plazo con factores: Ley (Au g/t)</i>					
<i>Nivel</i>	<i>X CP</i>	<i>Y LPF</i>	<i>X2 (CP)2</i>	<i>Y2 (LPF)2</i>	<i>XY (CP)*(LPF)</i>
4050	0.307	0.270	0.094	0.073	0.083
4040	0.267	0.380	0.072	0.145	0.102
4030	0.314	0.244	0.099	0.060	0.077
4020	0.348	0.334	0.121	0.111	0.116
4010	0.421	0.440	0.177	0.194	0.185
4000	0.437	0.572	0.191	0.327	0.250
3990	0.422	0.320	0.178	0.102	0.135
3980	0.381	0.319	0.145	0.101	0.121
3970	0.387	0.297	0.150	0.088	0.115
3960	0.472	0.321	0.223	0.103	0.152
3950	0.456	0.541	0.208	0.293	0.247
3940	0.360	0.436	0.130	0.190	0.157
3930	0.360	0.403	0.129	0.163	0.145
3920	0.361	0.351	0.130	0.123	0.127
3910	0.513	0.377	0.263	0.142	0.193
3900	0.538	0.462	0.289	0.214	0.249
3890	0.570	0.397	0.325	0.158	0.226
3880	0.611	0.572	0.373	0.327	0.350
3870	0.696	0.728	0.485	0.530	0.507
3860	0.648	0.543	0.419	0.295	0.352
3850	0.646	0.499	0.417	0.249	0.322
3840	0.522	0.528	0.272	0.278	0.275
3830	0.620	0.504	0.385	0.254	0.313
3820	0.656	0.645	0.431	0.416	0.423
3810	0.626	0.409	0.391	0.167	0.256
3800	0.638	0.459	0.407	0.210	0.293
3790	0.603	0.411	0.363	0.169	0.248
3780	0.936	0.970	0.877	0.940	0.908
3770	0.799	0.765	0.638	0.586	0.611
TOTAL	14.915	13.497	8.383	7.009	7.537

Fuente: Propia

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando los datos de la tabla 57 en la ecuación

$$r_{xy} = \frac{29 \times 7.537 - 14.915 \times 13.497}{\sqrt{(29 \times 8.383 - 14.915^2)} \times \sqrt{(29 \times 7.009 - 13.497^2)}}$$

$$r_{xy} = 0.8266$$

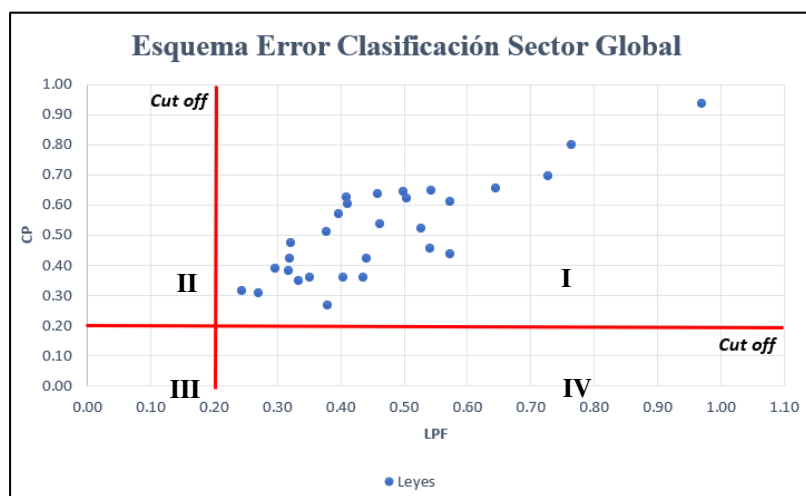
El coeficiente de correlación para el sector 4 con factores fue de $r_{xy} = 0.8266$.

- **Regresión lineal**

En la Figura 83 ambos modelos han generado leyes por encima del cut off (0.2 g/t Au). En el cuadrante I se puede identificar que ambos modelos ubican la totalidad de sus datos en este cuadrante, coincidiendo para ambos casos mineral por encima de la ley de corte mina. Se parecía una dispersión entre las variables de $r_{xy} = 0.8266$. Se tiene un dato que podría identificarse como outlier, pero esta ley alta estimada es corroborada por el modelo de corto plazo en el nivel 3770 y 3780, demostrando que mientras más profundización se realiza a través del minado mejores leyes se encuentran.

Figura 83

Grafica de dispersión: Largo Plazo y Corto Plazo del sector global con factores



Fuente: Propia

- **Análisis resumen de los modelos de largo plazo y con factores**

Tal como se observa en la Tabla 58 se tiene una variación entre los dos coeficientes de correlación de 6.23%, valor que se encuentra dentro de los $\pm 10\%$ como margen de error aceptable, de esta manera las condiciones iniciales del modelo de largo plazo se mantienen con respecto al modelo con los factores de reconciliación. Ya que la variación entre coeficientes es baja se puede

decir que los factores realizaron un mejor ajuste de las reservas proyectadas, así como mantener el comportamiento inicial de la zona de minado. Los resultados mostraron una mejora en el cálculo de reservas en planes de minado a corto plazo basándose en el uso de factores de reconciliación e implementando estos en zonas donde se conoce que el uso de estos factores no modifica la correlación que existía entre las variables en primera instancia.

Tabla 58

Variación entre coeficientes de correlación en sector global

<i>CP vs LP</i>	<i>CP vs LPF</i>	<i>Var(%)</i>
0.7782	0.8266	6.23%

Fuente: Propia

La Tabla 59 tiene el resumen de las variaciones, donde se observa una mejora en el resultado global de las onzas obtenidas, de igual manera para la ley pronosticada, la cual es la que define entre lo que es estéril o mineral, dando como resultado una mejora en onzas extraídas. Otro buen indicativo del uso de factores de reconciliación es el menor porcentaje de variación en el tonelaje minado, permitiendo una mejor distribución de las áreas de apilamiento en las pilas de lixiviación de mineral procesado y de la cantidad de desmonte enviados a los botaderos.

La mejora en la precisión de pronóstico de onzas permitirá tomar mejores decisiones en el plan de minado, realizando actividades que no están planeadas por la baja certeza de lo real a obtener, es otras palabras mejorará la distribución de las tareas a realizar durante el minado.

Tabla 59

Variaciones entre modelos con y sin factores Sector Global

Sector Global: Variaciones			
	<i>Tonelaje (Tn)</i>	<i>Ley (Au g/t)</i>	<i>Onzas(Oz)</i>
LP VS CP	-12.7%	-16.8%	-27.4%
LPF VS CP	13.4%	-13.3%	-1.7%

Fuente: Propia

5.6. Plan de Minado a Corto Plazo usando factores de Reconciliación

En el minado se busca como prioridad extraer y procesar las reservas que nos brinden un mayor margen de beneficio, por lo que el minado por fases nos permitirá el desarrollo tanto en zonas de mineral como en estéril, optimizando las necesidades inmediatas de la mina como cumplir con la cantidad de mineral a procesar por día y el descenso vertical planificado.

Se tendrá que analizar cada corte y comenzar por el que me reporte mayores beneficios inmediatos, dependiendo de las necesidades inmediatas a corto plazo que se requieran cumplir. Además, para seleccionar el corte o avance de minado correcto, debemos tomar en cuenta que la apertura de uno de estos permite acceder a reservas que serán explotadas más adelante.

En resumen, podemos decir que hay más de una forma de explotar una mina, lo importante es realizar un buen análisis de cada alternativa, para llegar al mejor resultado posible considerando todas las actividades que se involucran en el minado (optimización de procesos).

A continuación, se realizó un ejercicio simple de la formulación de un plan de minado a corto plazo para mostrar el uso de los factores de reconciliación en cada uno de los cortes diseñados. Los datos usados para la elaboración de este plan modelo provienen de la misma base de datos de estudio (modelo de bloques) para el cálculo de factores de reconciliación (ver sección 4.3) y de los factores reconciliación determinados en la sección 5.4.

5.6.1. Cálculo de reservas

5.6.1.1. Creación de cortes semanales de minado

- **Semana 1**

En la Figura 84 se muestra los cortes para el minado de la semana 1, ahora no solo es planificar el minado de mineral y desmonte, hay que verificar las labores relacionadas a la actividad principal que es la extracción como lo es el control de pisos y perfilados de taludes (figura

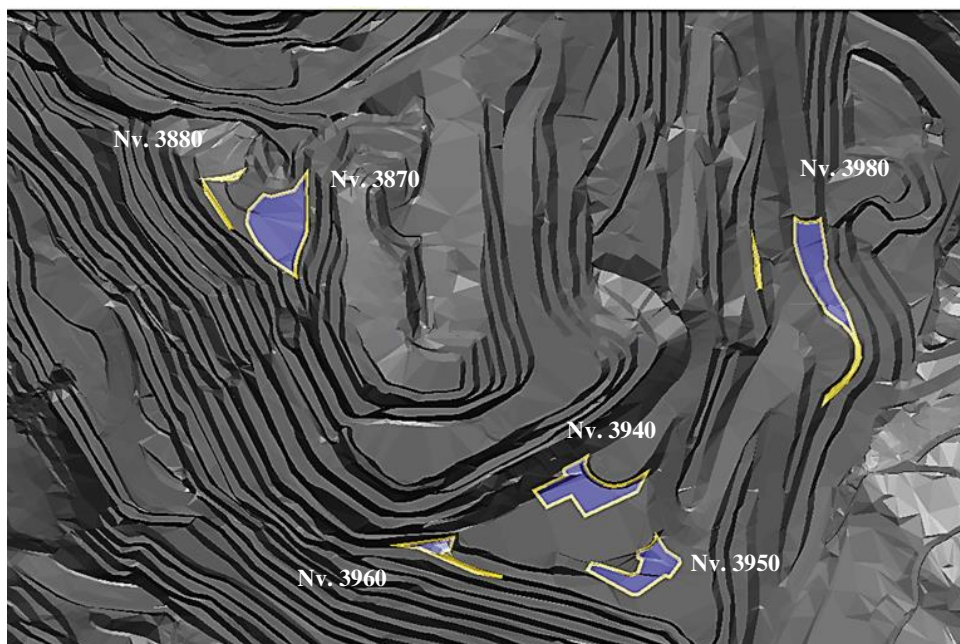
86). Cada corte tiene la finalidad de cumplir con los objetivos de minado, ya sea mineral enviado al proceso, material para estabilización física, localizar mayores reservas, etc.

La liberación de cada corte permitirá, en lo posterior, realizar el descenso vertical previamente planeado en el mediano y largo plazo.

En la semana 1 se pretende minar los niveles mostrados en la Figura 84 con la finalidad de cumplir con la cuota de mineral y liberar áreas para la perforación que permitirá seguir descubriendo y señalando las zonas mineralizadas, de esta manera no tener paradas por falta de mineral.

Figura 84

Cortes de Minado Semana 1



Fuente: Propia

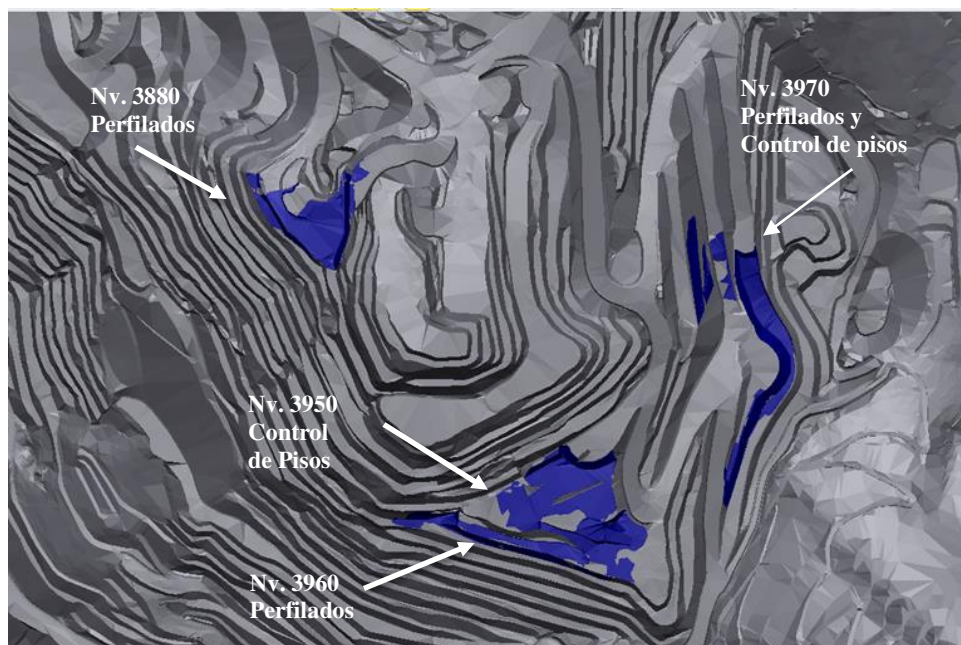
Llevar un adecuado control de pisos nos permitirá realizar un adecuado seguimiento de nuestro tonelaje minado y de esta manera poder realizar una adecuada reconciliación entre modelos y se tendrá precisión en los datos provenientes del campo.

El control de pisos y perfilados permiten cumplir los diseños planteados y continuar sin percances con las siguientes fases de minado. Un inadecuado control de los diseños se verá reflejado en las dificultades de los minados de los niveles inferiores, generando un error acumulativo.

Para el minado en los perfilados de taludes, tal como se observa en la Figura 85, se deberá considerar los bloques asociados y polígonos remanentes pertenecientes a las zonas de corte, en caso la ley de los bloques remanentes esté por encima del cut off será recomendable realizar un minado selectivo y rescatar la mayor cantidad de mineral sin diluirlo con el estéril asociado a las zonas a perfilar (en el caso el espacio de trabajo sea cómodo para la dimensión de los equipos).

Figura 85

Cortes de Minado Semana 1 y trabajos adicionales



Fuente: Propia

A continuación, se detallan las siguientes 3 semanas de minado en las cuales se considera el minado de desmonte y mineral, control y corte de pisos y perfilado de taludes, este perfilado

será únicamente necesario en el caso que sea un talud final o el área resultante no cumpla con los parámetros geomecánicos para el minado del descenso vertical.

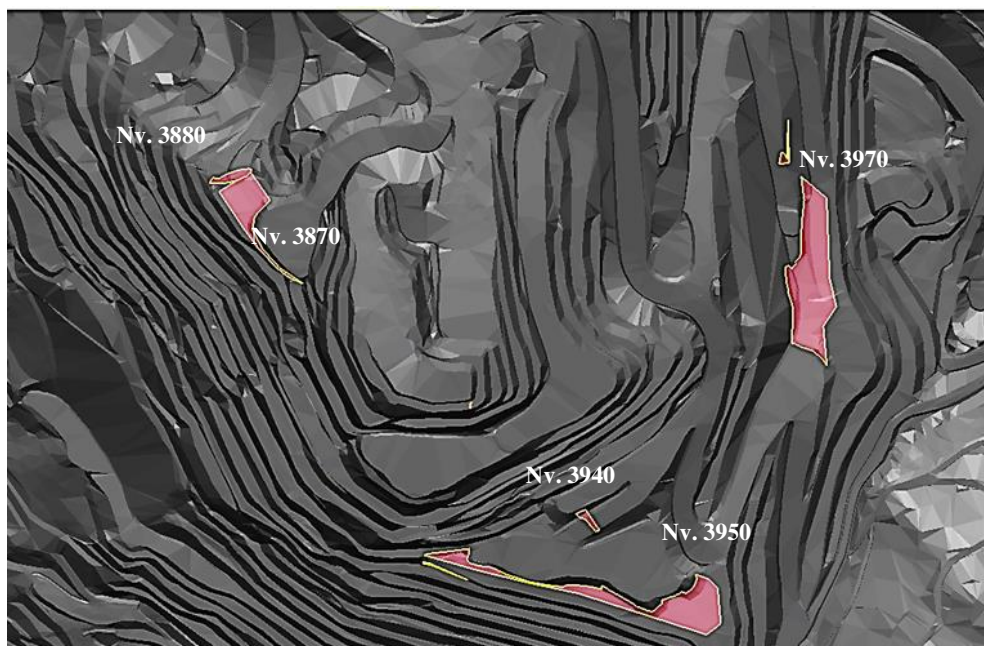
Cada semana cumple un propósito que es liberar y desarrollar áreas que permitan el avance de minado conjuntamente con la identificación de las nuevas zonas a minar a través de la perforación y voladura. Cabe resaltar que durante el minado se deberá tener en cuenta el desarrollo paralelo de las actividades de drenaje del tajo para evitar futuros inundaciones de las zonas a minar, control geotécnico de zonas inestables, remediaciones de estructuras en el tajo, así como actividades de apoyo a diversas áreas relacionadas al avance de minado (movimiento de infraestructura eléctrica que podría estar dentro del área de minado).

- **Semana 2**

En la Figura 86 se muestra los cortes de minado. El control de pisos y perfilados de taludes tal como se muestra en la Figura 87.

Figura 86

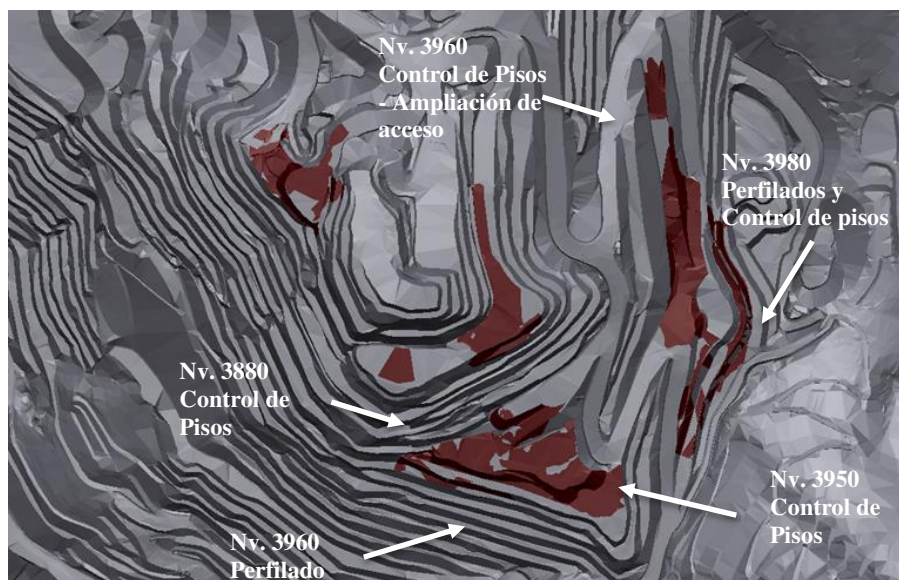
Cortes de Minado Semana 2



Fuente: Propia

Figura 87

Cortes de Minado Semana 2 y trabajos adicionales



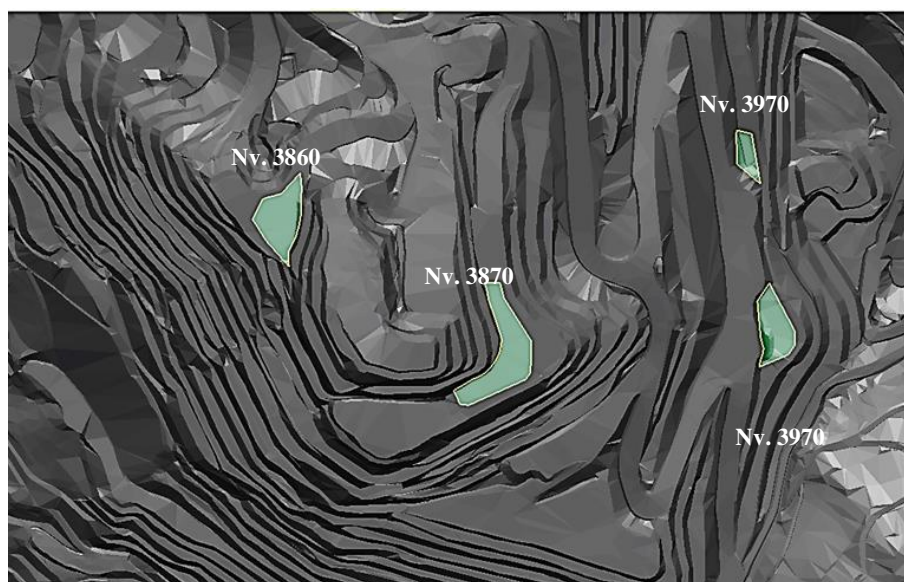
Fuente: Propia

- **Semana 3**

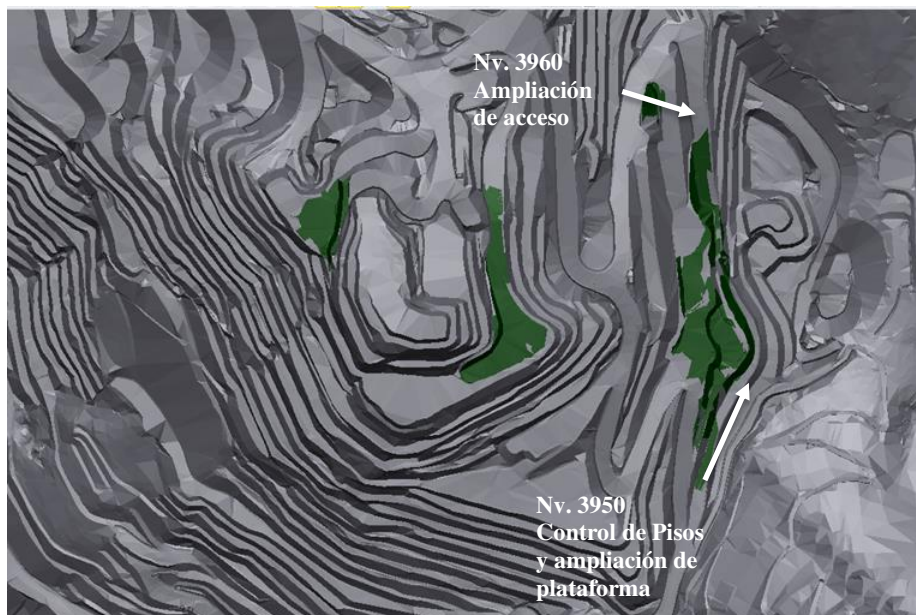
En la Figura 88 se muestra los cortes de minado y actividades auxiliares en la Figura 89.

Figura 88

Cortes de Minado Semana 3



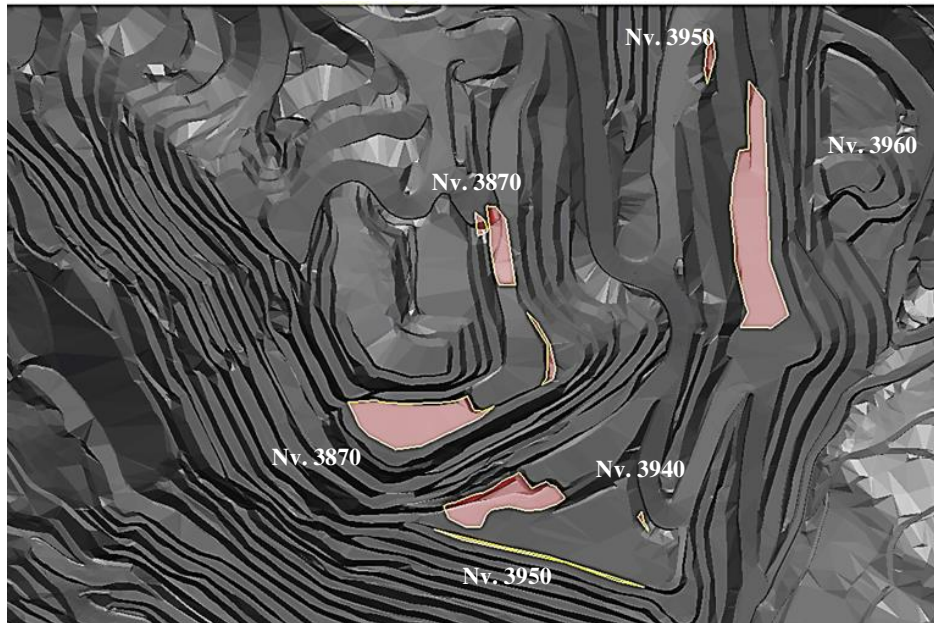
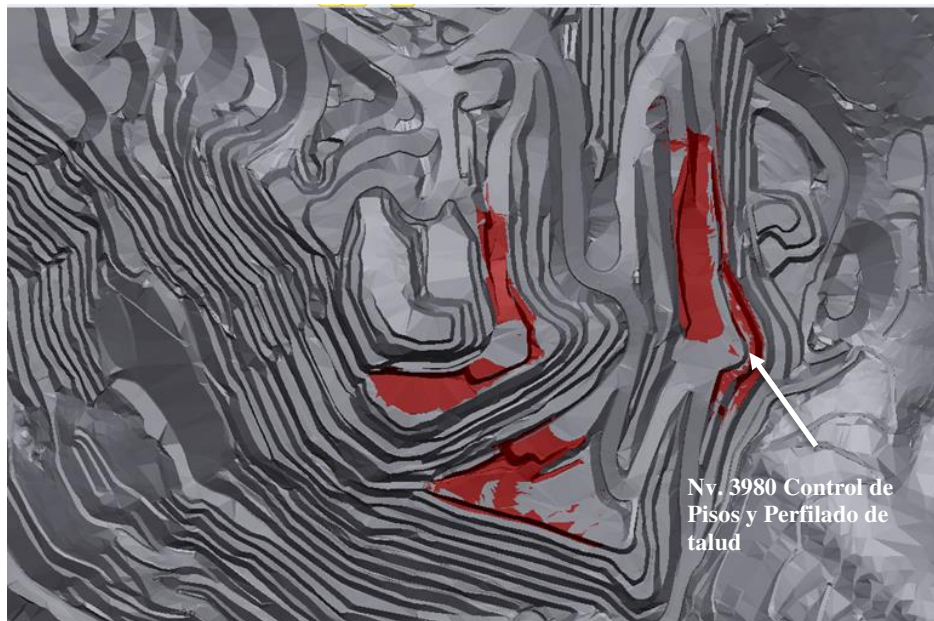
Fuente: Propia

Figura 89*Cortes de Minado Semana 3 y trabajos adicionales**Fuente: Propia*

- **Semana 4**

Cortes de minado en la Figura 90 y actividades auxiliares tal como se muestra en la figura 91. Se denomina actividades auxiliares por el simple hecho que estas labores serán realizadas por equipos menores, es decir, equipos que pertenecen a la flota menos (excavadoras, tractor, retroexcavador, rodillo, etc.). Cabe mencionar que estas actividades son de suma importancia y van vinculadas al avance del minado, citando como ejemplo a la construcción de infraestructura para la derivación y captación de las aguas superficiales, de esta manera evitar que los frentes de minado se inunden y dificulten la actividad de carguío y acarreo, incluso dañar las plataformas de perforación.

Se deberá planificar de la mano cada actividad que esté vinculada al avance de minado desde el mantenimiento de las vías de acarreo hasta las remediaciones de zonas afectadas para su futura rehabilitación con top soil.

Figura 90*Cortes de Minado Semana 4**Fuente: Propia***Figura 91***Cortes de Minado Semana 4 y trabajos adicionales**Fuente: Propia*

5.6.1.2. Cálculo de reservas por Semana

En la Tabla 60 se muestra la extracción de reservas por cada semana correspondiente al modelo de bloques de largo plazo. Se ha dividido por tipo de material: Mineral y desmonte, de esta manera asignar los destinos finales de estos materiales; ya sea a la zona de botadero de desmonte, al proceso del mineral o algún stock para almacenamiento.

Tabla 60

Tonelaje de mineral, desmonte y onzas por semanas

Semana	Banco	Modelo de Largo Plazo				
		Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total, Minado
1	3980	-	-	-	63,112	63,112
	3960	1,579	0.24	12	13,427	15,006
	3950	22,100	0.36	252	28,231	50,331
	3940	9,351	0.31	92	49,722	59,073
	3880	5,195	0.36	60	2,293	7,488
	3870	24,959	0.29	229	64,590	89,549
	Subtotal	63,184	0.32	645	221,375	284,559
2	3970	31,978	0.45	461	88,053	120,031
	3960	699	0.72	16	6,971	7,670
	3950	33,084	0.34	360	56,359	89,443
	3940	4,194	0.31	42	13,887	18,081
	3880	4,816	0.27	42	10,016	14,832
	3870	20,476	0.33	218	25,156	45,632
	Subtotal	95,247	0.37	1,139	200,442	295,689
3	3970	23,092	0.50	368	52,271	75,363
	3870	40,001	0.30	384	64,193	104,194
	3860	10,024	0.29	93	53,656	63,680
	Subtotal	73,117	0.36	845	170,120	243,237
4	3960	21,895	0.67	474	167,729	189,624
	3950	2,472	0.50	40	29,105	31,577
	3940	23,164	0.29	217	49,582	72,746
	3870	111,159	0.52	1,856	39,216	150,375
	3860	24,121	0.63	492	5,527	29,648
	Subtotal	182,811	0.52	3,079	291,159	473,970

Fuente: Propia

Tal como se muestra en la Tabla 61 se ajustaron los tonelajes iniciales de largo plazo con los factores de reconciliación extraídos de los sectores evaluados previamente en la sección [5.4](#) (sector 1, 2 y 3).

La importancia de dividir las zonas de minado por sectores es debido al distinto comportamiento mineralógico de las alteraciones relacionadas con los cortes planeados, los factores variarán de acuerdo al nivel y zona en donde se ha planificado minar.

5.6.1.3. Uso de factor de reconciliación

Los factores de ajuste serán positivos o negativos según el análisis previo, usualmente en rocas favorables a la mineralización los factores no son muy erráticos, mientras menos posibilidad de que la roca caja sea favorable a almacenar el metal, los factores serán más altos, por tal motivo se requiere un análisis histórico superior y considerar el último comportamiento de la zona minada.

Los factores usados en este ejercicio del diseño de un plan de minado a corto plazo se tomará la tabla 31 donde se muestra el resumen por banco y por sectores de los factores de reconciliación con la implementación del promedio móvil para la ley de oro y el tonelaje de mineral minado. Se usará los sólidos de los sectores para acotar los cortes de minado en este plan a corto plazo (ver Fig. 71).

La Tabla 61 muestra en la columna “Sector” filas con la denominación ND, esto es debido a que algunos de los cortes para el programa de minado no pertenecen a ningún sector analizado (nuevas zonas de minado con respecto a los sectores de minado). Esto implica que no se deberá usar factores de reconciliación ya que no se ha realizado un análisis geológico estadístico de esta zona. Lo que permite seguir realizando el análisis de reconciliación conforme se avanza en el minado.

Tabla 61*Uso de factores de reconciliación en Modelo de Largo Plazo*

Semana	Banco	Modelo de Largo Plazo					Factores			Modelo de Largo Plazo con factores					Sector
		Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmorte	Total Minado	Tonelaje	Au g/t	Oz. Au	Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmorte	Total Minado	
1	3980	-	-	-	63,112	63,112	-	-		-	-	-	63,112	63,112	ND
	3960	1,579	0.24	12	13,427	15,006	-	-		1,579	0.24	12	13,427	15,006	ND
	3950	22,100	0.36	252	28,231	50,331	-5%	-5%		21,070	0.34	229	29,261	50,331	3
	3940	9,351	0.31	92	49,722	59,073	30%	-10%		12,137	0.27	107	46,936	59,073	2
	3880	5,195	0.36	60	2,293	7,488	-	-		5,195	0.36	60	2,293	7,488	ND
	3870	24,959	0.29	229	64,590	89,549	-	-		24,959	0.29	229	64,590	89,549	ND
	Subtotal	63,184	0.32	645	221,375	284,559				64,940	0.30	637	219,619	284,559	
2	3970	31,978	0.45	461	88,053	120,031	-	-		31,978	0.45	461	88,053	120,031	ND
	3960	699	0.72	16	6,971	7,670	-	-		699	0.72	16	6,971	7,670	ND
	3950	33,084	0.34	360	56,359	89,443	79%	-18%		33,084	0.34	360	56,359	89,443	2
	3940	4,194	0.31	42	13,887	18,081	30%	-10%		5,444	0.28	49	12,637	18,081	2
	3880	4,816	0.27	42	10,016	14,832	-	-		4,816	0.27	42	10,016	14,832	ND
	3870	20,476	0.33	218	25,156	45,632	-	-		20,476	0.33	218	25,156	45,632	ND
	Subtotal	95,247	0.37	1,139	200,442	295,689				96,497	0.37	1,146	199,192	295,689	
3	3970	23,092	0.50	368	52,271	75,363	-	-		23,092	0.50	368	52,271	75,363	ND
	3870	40,001	0.30	384	64,193	104,194	9%	9%		43,593	0.32	455	60,601	104,194	2
	3860	10,024	0.29	93	53,656	63,680	-	-		10,024	0.29	93	53,656	63,680	ND
	Subtotal	73,117	0.36	845	170,120	243,237				76,709	0.37	916	166,528	243,237	
4	3960	21,895	0.67	474	167,729	189,624	-	-		21,895	0.67	474	167,729	189,624	ND
	3950	2,472	0.50	40	29,105	31,577	79%	-18%		2,472	0.50	40	29,105	31,577	2
	3940	23,164	0.29	217	49,582	72,746	30%	-10%		30,065	0.26	254	42,681	72,746	2
	3870	111,159	0.52	1,856	39,216	150,375	9%	9%		121,142	0.56	2,200	29,233	150,375	2
	3860	24,121	0.63	492	5,527	29,648	-2%	2%		23,529	0.65	491	6,119	29,648	2
	Subtotal	182,811	0.52	3,079	291,159	473,970				199,103	0.54	3,458	274,867	473,970	

Fuente: Propia

5.6.2. Dimensionamiento de equipos: flota mayor

5.6.2.1. Equipo de carguío: Cargadores

Para el dimensionamiento de equipos de carguío se debe de considerar el tonelaje total a mover, es decir, se deberá contabilizar el tonelaje minado, así como los remanejos involucrados el periodo planificado como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62

Parámetros para cálculo de horas de equipos de carguío

Requerimiento de Cargadores		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Días		7.0	7.0	7.0	10.0
Humedad	%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Mineral Minado	Ktons	65	96	77	199
Min. Minado a Stock	Ktons	13	19	15	40
Mineral del Stock	Ktons	26	21	14	20
Demonte Minado	Ktons	220	199	167	275
Material de Cantera	Ktons	15	10	10	10
Min. remanejado de Stock	Ktons	26	21	14	20
Total Toneladas a cargar (Cat 992 & Kom 1200)	Ktons	326	327	267	504
Tons por Hora (Cat 992)	ton/hr	989	989	1,010	1,105
Tons por Hora (Kom WA1200)	ton/hr	1,694	1,750	1,765	1,768
Capacidad Tons Cat 992 Flota -Semana - Seco	Ktons/Sem.	123	123	68	197
Capacidad Tons Kom WA 12000 Semnana - Seco	Ktons/Sem.	212	218	220	315
Disponibilidad Cat 992G	%	93.0%	93.0%	50.5%	93.0%
Utilizacion Cat 992G	%	85.0%	85.0%	85.0%	85.0%
Utilizacion Cat 992	%	78.4%	74.7%	58.0%	81.3%
Disponibilidad Komatsu WA1200	%	93.1%	93.0%	93.0%	93.0%
Utilizacion Komatsu WA1200	%	85.0%	85.0%	85.0%	85.0%
Utilizacion Komatsu WA1200 (PLAN)	%	85.0%	85.0%	85.0%	85.0%
Horas Netas Cat 994 Flota	hrs	133	66	36	95
Horas Netas Kom WA 1200 Flota	hrs	133	66	66	95
Total Horas Netas	hrs	266	133	102	190
Capacidad maxima de carguio	Ktons	335	342	289	512
Requerimiento del Plan	Ktons	326	327	267	504
Utilizacion de la maxima capacidad	%	97%	96%	92%	98%

Fuente: Propia

Otro factor importante en el cálculo de horas a usar de cada equipo es la disponibilidad mecánica y utilización de estos, la disponibilidad está bajo las condiciones de cambio de componentes y mantenimientos preventivos planificados para la durabilidad de estos, la utilización será un objetivo a alcanzar considerando las demoras programadas y no programadas.

Se deberá considerar la productividad real de cada equipo ya que con el deterioro de componente y condiciones climáticas esta productividad bajará, motivo por el cual se deberá realizar un análisis de información proveniente de la operación para tener datos los cuales se puedan cumplir. En la Tabla 63 se muestra los equipos físicos que se tienen en la operación, así como los equipos estimados de acuerdo a las horas necesarias para mover el tonelaje indicado en la semana 1. Como se puede apreciar los equipos estimados no superan a los equipos físicos en la operación.

Tabla 63

Equipos físicos y proyectados

Unidades de Carguío	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
CAT 992G	1	1	1	1
Komatsu WA-1200	1	1	1	1

Estimación Número de equipos de Carguío PLAN	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
CAT-992G	0.9	0.9	0.7	1.0
Komatsu WA-1200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Propia

Se deberá calcular las horas de cada equipo a usar para poder determinar su desgaste y consumo de combustible tal como se muestra en la Tabla 64.

Tabla 64

Cálculo de horas de equipos de carguío

Horas de equipos de carguío				
Equipos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
CAT 992	56	51	17	87
Kom WA 1200	66	66	66	95
<i>Total Requerido</i>	<i>123</i>	<i>118</i>	<i>83</i>	<i>182</i>

Fuente: Propia

5.6.2.2. Equipos de acarreo: Camiones

Para el dimensionamiento de equipos de acarreo se debe de considerar el tonelaje total a mover, una condicionante a considerar es el cálculo de las rutas desde el origen hacia los destinos

establecidos para cada tipo de material, ya sea desmonte a la zona de botadero, mineral directo al proceso o el almacenamiento de este en algún stock para su futura utilización (remanejo). En la Tabla 65 se muestra el resumen para tonelaje movido con su respectiva distancia hacia su destino.

Tabla 65

Distancias y tonelajes de acuerdo a los destinos de acarreo

Semana 1			Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Mineral (tons)	A Stock	Dist.	A Stock	Dist.	A Stock	Dist.	A Stock	Dist.
	-	-	6,396	2,442	4,618	2,442	4,379	2,445
	6,957	2,450	8,809	2,266	8,719	1,865	6,507	2,277
	6,031	2,243	4,095	1,695	2,005	1,764	28,934	1,997
Mineral (tons)	A Chancado	Dist.	A Chancado	Dist.	A Chancado	Dist.	A Chancado	Dist.
	-	-	25,582	2,442	18,474	2,442	17,516	2,445
	27,829	2,450	35,234	2,266	34,875	1,865	26,030	2,277
	24,123	2,243	16,381	1,695	8,019	1,764	115,736	1,997
Total min.	64,940	tons	96,497	tons	76,709	tons	199,103	tons
Desmonte (tons)	A Botadero	Dist.	A Botadero	Dist.	A Botadero	Dist.	A Botadero	Dist.
	63,112	1,626	88,053	1,669	52,271	1,603	167,729	1,210
	89,624	1,419	85,983	1,493	60,601	1,026	71,786	1,042
	66,883	1,043	25,156	1,089	53,656	1,095	35,353	762
Total desm.	219,619	tons	199,192	tons	166,528	tons	274,867	tons
Total Global	284,559	tons	295,689	tons	243,237	tons	473,970	tons

Fuente: Propia

Para el cálculo de cada ruta se deberá considerar el centroide de cada corte para poder obtener la distancia más representativa. Se puede realizar este mismo ejercicio a través de un simulador o un software.

En las Figuras 92, 93, 94 y 95 se muestran las rutas determinadas para cada corte por semana, así como el destino correspondiente para cada sector minado.

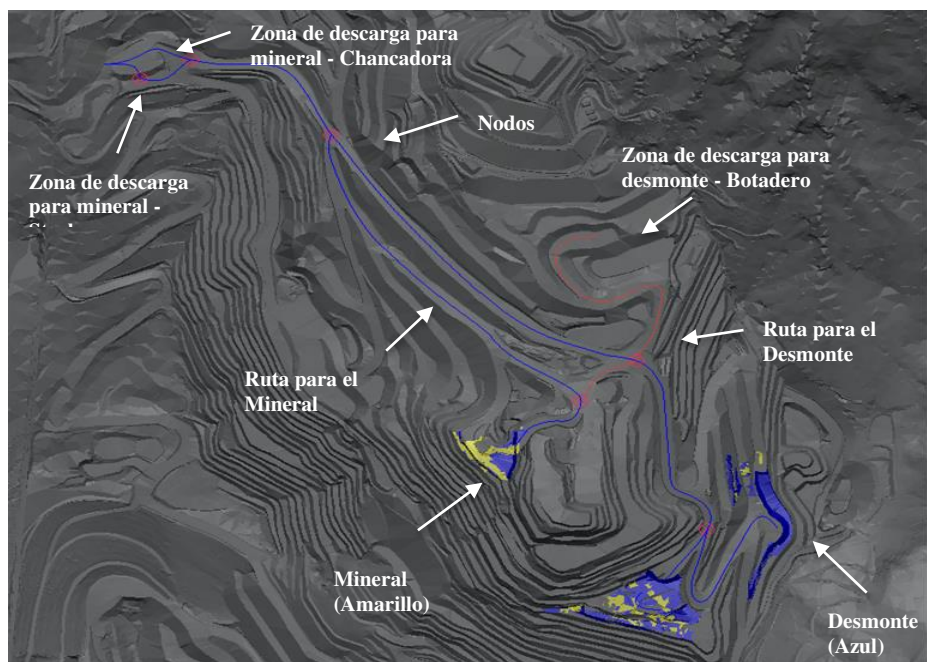
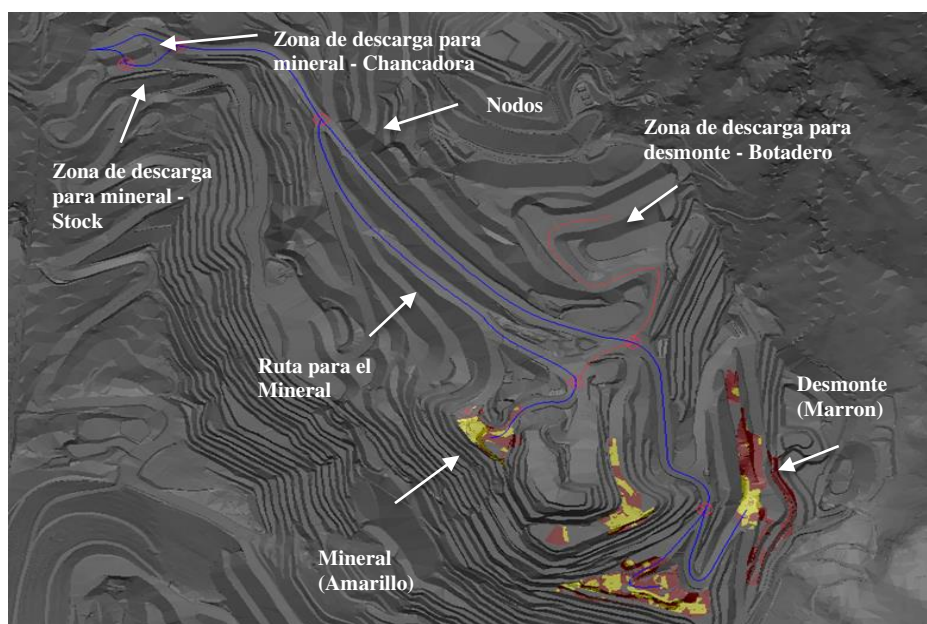
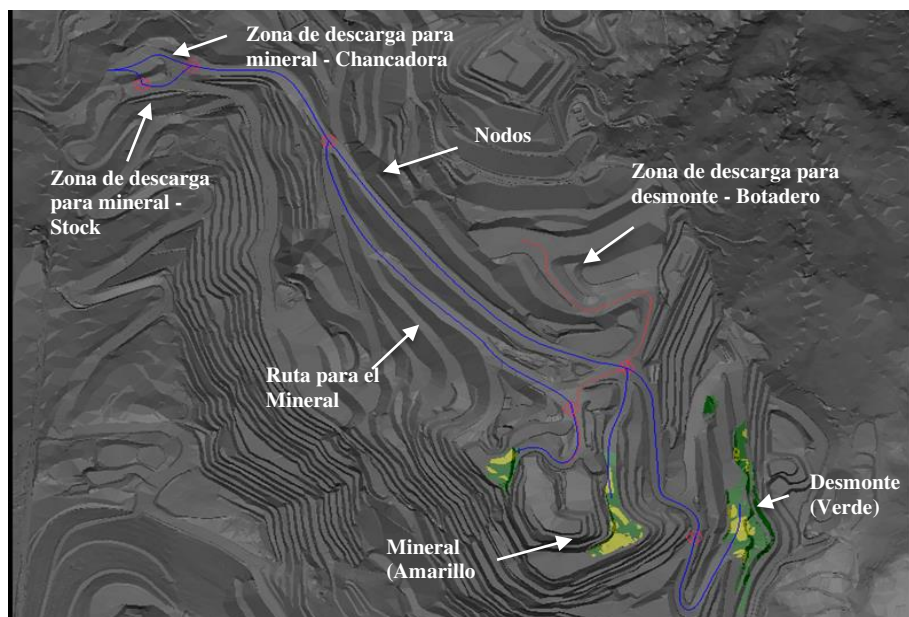
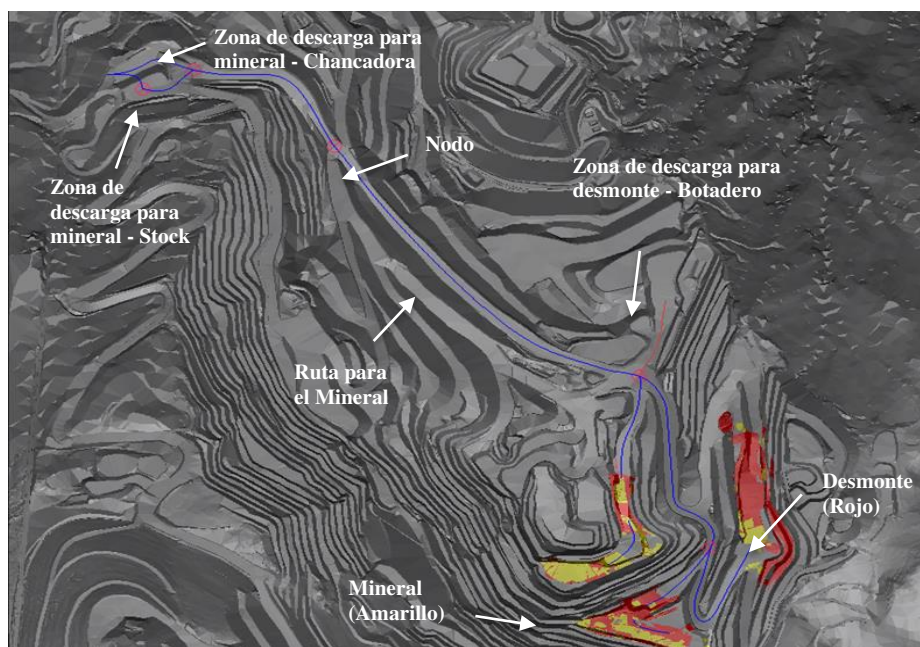
Figura 92*Rutas por tipo de material-Semana 1**Fuente: Propia***Figura 93***Rutas por tipo de material-Semana 2**Fuente: Propia*

Figura 94*Rutas por tipo de material-Semana 3**Fuente: Propia***Figura 95***Rutas por tipo de material-Semana 4**Fuente: Propia*

En las anteriores figuras se mostraron nodos los cuales ayudan a generar tramos en las rutas e identifican desviaciones hacia otro destino, permiten minimizar los trazos para las distancias origen – destino, identificar cambios de nivel, dirección, reasignaciones de destinos, etc. Según el avance de minado se asignan los nodos según requerimiento. Para mineral los destinos son chancadora y stock y para desmonte el botadero. Cada polígono será identificado y se le asignará una ruta correspondiente y un destino final.

En la Tabla 66 se muestra la distancia horizontal equivalente para cada origen-destino del material a mover, se deberá ingresar datos de velocidad de los equipos para los diferentes tramos de acarreo, con pendiente positiva o negativa, camión lleno o vacío, etc. De esta manera se deberá estimar las horas necesarias para el proceso de carguío.

Tabla 66

Requerimientos para equipo de acarreo

<i>Requerimiento de Camiones</i>				
<i>Semana:</i>	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<i>Días:</i>	7	7	7	10
Tajo-Chancadora (tons)	51,952	77,197	61,367	159,282
Distancia (m)	2,570	2,834	2,612	2,695
Stock-Chancadora (tons)	25,976	21,229	13,808	19,910
Distancia (m)	101	101	101	101
Tajo-Stock Chancadora (tons)	12,988	19,299	15,342	39,821
Distancia (m)	2,354	2,203	2,025	2,092
OreBin-Pad (tons)	77,928	98,426	75,175	179,192
Distancia (m)	2,630	2,630	2,630	2,630
Desmonte (tons)	219,619	199,192	166,528	274,867
Distancia (m)	1,364	1,520	1,229	1,108
Lastre (tons)	15,000	10,000	10,000	10,000
distancia (m)	4,620	4,620	4,620	4,620
Total, Tonelaje Movido (tons)	403,463	425,345	342,220	683,073
Ton/hora Estimada	535	498	529	514

Fuente: Propia

No se deberá exceder la capacidad de carguío que se tiene en los equipos físicos en mina y se deberá hacer énfasis en la disponibilidad proyectada para cada equipo durante la semana de

minado, así como la utilización que se desea tener como kpi para realizar el minado de manera satisfactoria. En la Tabla 67 se muestra este resumen por semanas. El cálculo de las horas de cada equipo es de suma importancia para poder proyectar los futuros cambios de componentes necesarios para el mantenimiento de los equipos.

Se ha realizado un ejemplo simple de los factores que intervienen en la planificación de equipos de acarreo. Si se desea realizar a mayor detalle es recomendable diseñar una simulación por eventos discretos la cual permitirá evaluar los eventos por intervalos de tiempo, por el enfoque de la presente tesis no se llevará a cabo dicho análisis.

Tabla 67

Cálculo de e equipo de acarreo

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Horas Operativas Estimada	754	854	647	1,329
Horas Calendarios	168	168	168	240
Disponibilidad Mecánica	85%	85%	85%	85%
Utilización	82%	82%	75%	84%
Horas Operativas/Camión efectivas	117	117	107	171
No Camiones Calculados	6.4	7.3	6.0	7.8
Estimado de Camiones	7.0	8.0	7.0	8.0
Camiones Disponibles	8	8	7	8
Camiones Efectivos	7	7	5	7
Total movido (tons)	403,463	425,345	342,220	683,073

Throughtput (tons/Día)	11,133	14,061	10,739	17,919
-------------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Fuente: Propia

5.6.2.3. Equipos de Perforación: Perforadoras

En la Tabla 68 se muestra el ejercicio de cálculo de horas de perforación que corresponde con el minado de las 4 semanas.

Tabla 68*Cálculo de Equipos de Perforación*

Requerimiento de Perforadoras				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Días	7	7	7	10
Desmante Roca (Ktons)	22	20	17	27
Desmante Fino (Ktons)	198	179	150	247
Desmante (Ktons)	220	199	167	275
Mineral (Ktons)	65	96	77	199
Lastre Cantera (Ktons)	15	10	10	10
Malla Desmante (mts)	7.0	7.0	7.0	7.0
Malla Desmante Roca Dura (mts)	7.0	7.0	7.0	7.0
Malla Mineral (mts)	6.5	6.5	6.5	6.5
Malla Material de Cantera (mts)	5.5	5.5	5.5	5.5
Tons por Taladro Desmante 7x 7	883	883	883	883
Tons por Taladro Mineral 6.5 x 6.5	798	798	798	798
Tons por Taladro Material de Cantera 5.5 x 5.5	571	571	571	571
Ratio de penetración Desmante (mts/hr)	63.0	63.0	63.0	63.0
Ratio de Penetración Mineral (mts/hr)	42.0	42.0	42.0	42.0
Tiempo entre Taladros (hrs)	0.05	0.05	0.05	0.05
Longitud de Taladro (mts)	10.5	10.5	10.5	10.5
% de buen Desmante perforado como Mineral	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%
% Taladros en Trim 5 mt	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%
Redrill %	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
Taladros en Desmante Arcillas (finos)	249	226	189	311
Taladros de Desmante perf como Mineral	4	4	3	5
Taladros en Mineral	81	121	96	250
Taladros en Cantera	26	18	18	18
Taladros en Trim 5 mt	100	105	86	170
Total de Taladros	461	473	392	754
Total de ReDrill	23	24	20	38
Total de Metros a Perforar	4,503	4,608	3,821	7,327
Horas Requeridas en Desmante	53	48	40	66
Horas Requeridas en Desmante perforado como Mineral	1	1	1	1
Horas Requeridas en Mineral	24	36	29	75
Horas Requeridas en Material de Cantera	8	5	5	5
Horas en Redrill	4	5	4	7
Total de Horas Requeridas	91	95	79	155
Total de Horas Requeridas (Ajustada)	117	123	102	200
Disponibilidad	69.7%	69.7%	69.7%	69.7%
Utilización (máxima)	74.1%	74.1%	74.1%	74.1%
Utilización (PLAN)	49.9%	52.4%	86.8%	59.8%
Horas Netas DMM2-Flota	174	174	87	248
Horas Máxima (Capacidad)	174	174	87	248
Requerimiento de Horas (Plan)	117	123	102	200
Utilización de la capacidad máxima	67%	71%	117%	81%
Simulación de Perforadoras Requeridas	1.0	1.1	0.9	1.3
Perforadoras				
DMM2	2.0	2.0	1.0	2.0

Fuente: Propia

El diseño de malla de perforación a corto plazo es aquel que se diseña con la caracterización de la dureza de la roca a minar, si la zona es variable en índice de dureza se tendrá que realizar malla con diferentes parámetros, de esta manera se tendrá una mejor fragmentación de la roca.

El número de perforadoras necesarias estará ligado al tonelaje a minar (no ha mover), de acuerdo a este tonelaje se calcula el número de taladros por proyecto, por consiguiente, determina la cantidad de equipos necesarios para cumplir con el plan de perforación considerando las disponibilidad mecánica y utilización de las máquinas.

También dependerá del tipo de material a perforar, ya sea mineral o desmonte, este material estará catalogado de acuerdo a su dureza la cual influye en el tiempo de penetración por las brocas.

Es indispensable tener el número de muestras de cada proyecto de perforación, esto debido al análisis químico que se debe realizar para la identificación de los elementos químicos en cada taladro, de esta manera poder realizar una actualización del modelo de bloques con información de campo tal como se detalla en la Tabla 69.

La perforación deberá ir a la par con el minado, estas actividades no deberán de interferirse la una con la otra, de esta manera realizar actividades paralelas y optimizar los tiempos, especialmente cuando se tiene frentes estrechos o aleatoriedad de la mineralización (identificación geológica).

Tabla 69

Cálculo de muestras por semana

<i>Muestras para Laboratorio Químico</i>				
Número de muestras por periodo	495	507	420	806
Número de muestras por día	71	72	60	81

Fuente: Propia

5.6.3. Depósito de desmonte y Celdas de apilamiento

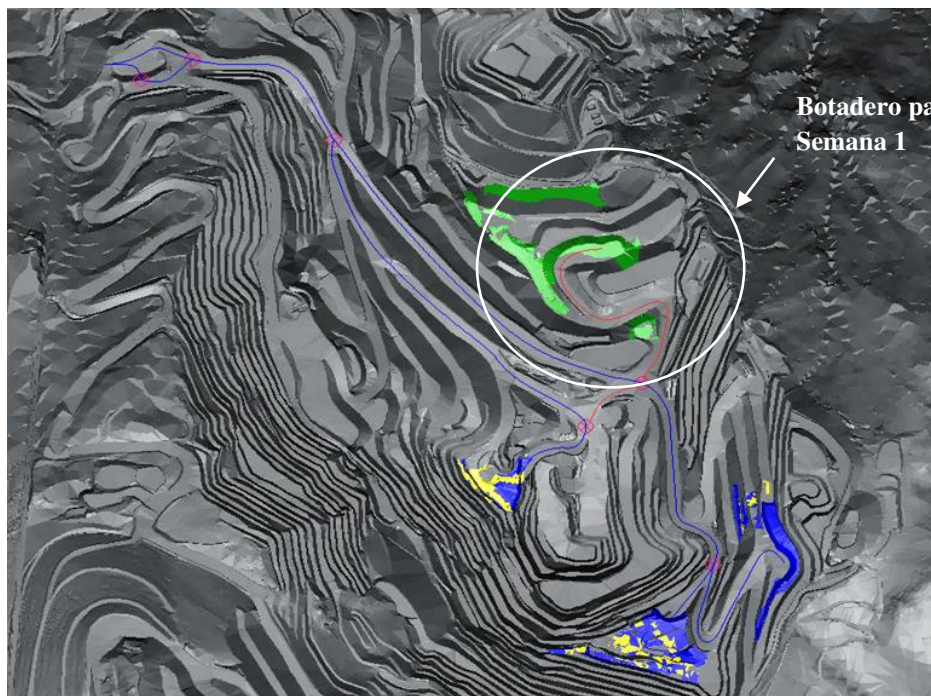
- **Botaderos**

El diseño de botaderos está vinculado al tonelaje minado y movido de desmonte que se genera en los cortes de las fases. Se toma en cuenta los parámetros de estabilidad del material a descargar para su diseño. Se puede realizar un diseño global y realizar cortes dependiendo de la necesidad de descarga del material.

Tal como se muestra en las Figuras 96, 97, 98 y 99 se realizar un secuenciamiento del llenado de los botaderos, esto implica la construcción de la base para posteriores descargas, es decir, cada área de descarga deberá permitir la facilidad de apilamiento de material para los siguientes periodos, generando plataformas con la capacidad necesaria que satisfaga el minado de desmonte de las fases proyectadas.

Figura 96

Botadero para Semana 1



Fuente: Propia

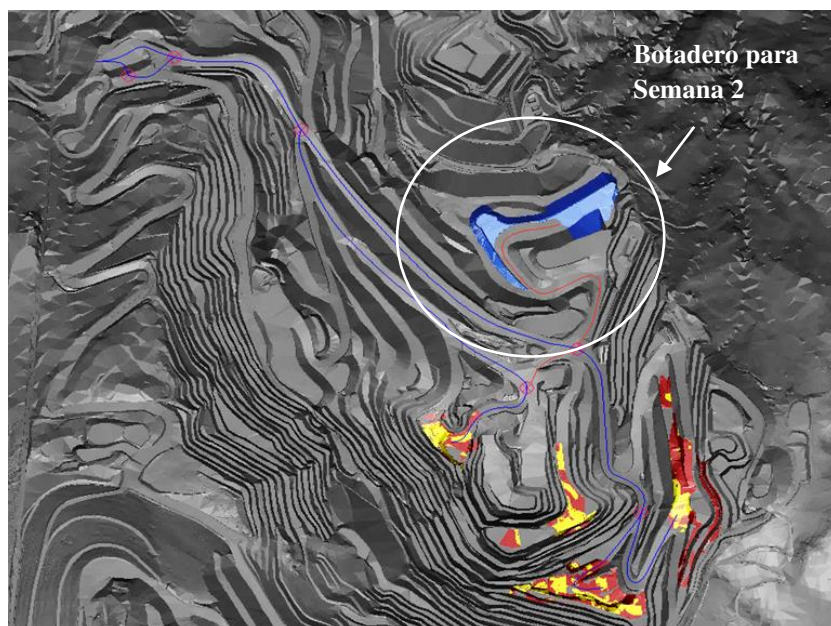
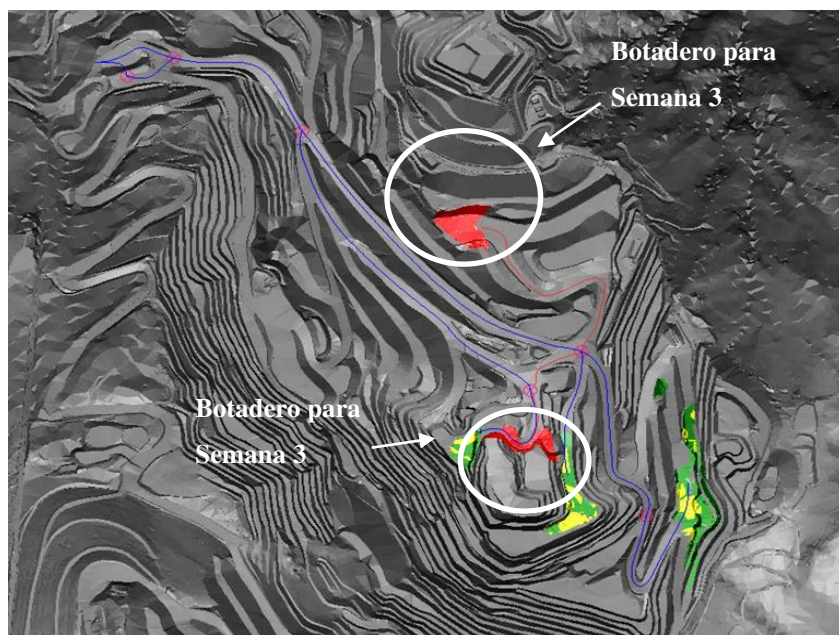
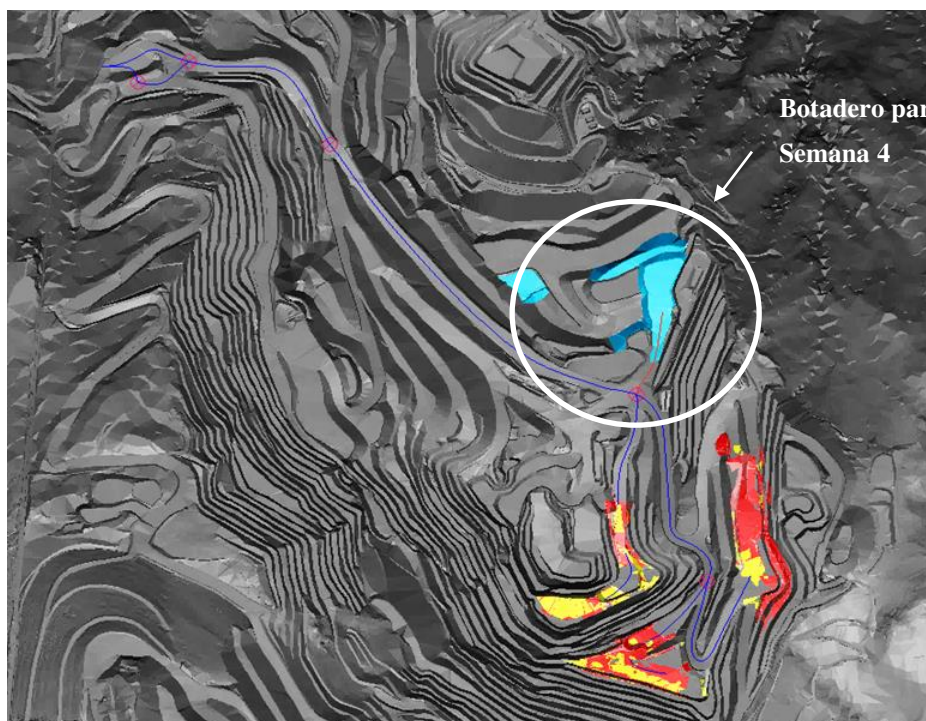
Figura 97*Botadero para Semana 2**Fuente: Propia***Figura 98***Botadero para Semana 3**Fuente: Propia*

Figura 99*Botadero para Semana 4**Fuente: Propia*

- **Celdas de lixiviación**

El apilamiento en las celdas de lixiviación es de acuerdo al periodo de riego de cada celda, de esta manera poder realizar una nueva descarga sobre esta sin interferir en el proceso de lixiviación. El volumen a descargar en cada celda está ligada al mineral procesado, en este caso al mineral chancado puesto en Pad. Al igual que en el diseño de los botaderos se debe considerar los parámetros de estabilidad para su construcción, en las figuras 100, 101, 102 y 103 se muestra el avance semanal del apilamiento de mineral chancado.

Al momento de realizar las descargas en cada celda se deberá considerar la construcción de accesos y rampas las cuales permitirán ingresar a estas. Estos accesos deberán permanecer por el mayor tiempo posible ya que servirán para el apilamiento de las demás celdas, una vez que estos

accesos hayan cumplido su función se removerá y se pondrá a lixiviar para recuperar el mineral puesto en estos desarrollos (por lo general mineral de baja ley).

Figura 100

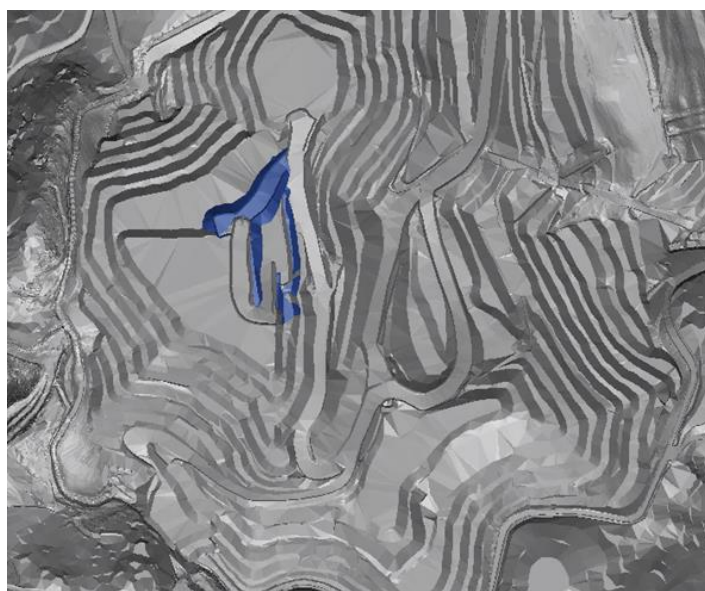
Celda de apilamiento para Semana 1



Fuente: Propia

Figura 101

Celda de apilamiento para Semana 2



Fuente: Propia

Figura 102

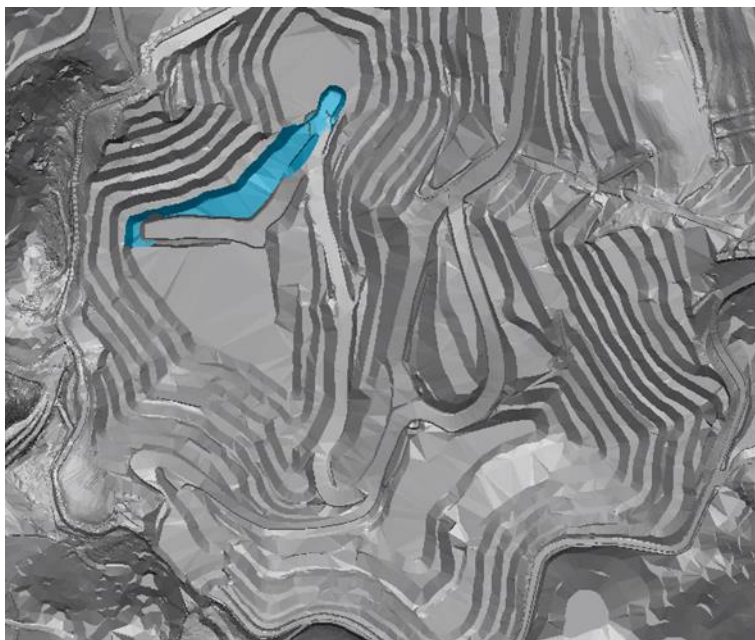
Celda de apilamiento para Semana 3



Fuente: Propia.

Figura 103

Celda de apilamiento para Semana 4



Fuente: Propia

5.6.4. Modelo de Reconciliación del Plan de Minado

Tabla 70

Reconciliación de modelos

Semana	Banco	Modelo de Largo Plazo					Factores			Modelo de Largo Plazo con factores					Modelo de Corto Plazo					Sector
		Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total Minado	Tonelaje	Au g/t	Oz. Au	Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total Minado	Mineral	Au (g/t)	Oz. Au	Desmonte	Total Minado	
1	3980	-	-	-	63,112	63,112	-	-		-	-	-	63,112	63,112	-	-	-	63,112	63,112	ND
	3960	1,579	0.24	12	13,427	15,006	-	-		1,579	0.24	12	13,427	15,006	6,405	0.31	64	8,601	15,006	ND
	3950	22,100	0.36	252	28,231	50,331	-5%	-5%		21,070	0.34	229	29,261	50,331	13,097	0.35	149	37,234	50,331	3
	3940	9,351	0.31	92	49,722	59,073	30%	-10%		12,137	0.27	107	46,936	59,073	9,331	0.33	99	49,742	59,073	2
	3880	5,195	0.36	60	2,293	7,488	-	-		5,195	0.36	60	2,293	7,488	4,908	0.47	74	2,580	7,488	ND
	3870	24,959	0.29	229	64,590	89,549	-	-		24,959	0.29	229	64,590	89,549	67,353	0.41	890	22,196	89,549	ND
	Subtotal	63,184	0.32	645	221,375	284,559				64,940	0.30	637	219,619	284,559	101,094	0.39	1,276	183,465	284,559	
2	3970	31,978	0.45	461	88,053	120,031	-	-		31,978	0.45	461	88,053	120,031	21,914	0.34	238	98,117	120,031	ND
	3960	699	0.72	16	6,971	7,670	-	-		699	0.72	16	6,971	7,670	343	0.38	4	7,327	7,670	ND
	3950	33,084	0.34	360	56,359	89,443	79%	-18%		33,084	0.34	360	56,359	89,443	51,062	0.39	634	38,381	89,443	2
	3940	4,194	0.31	42	13,887	18,081	30%	-10%		5,444	0.28	49	12,637	18,081	5,400	0.55	95	12,681	18,081	2
	3880	4,816	0.27	42	10,016	14,832	-	-		4,816	0.27	42	10,016	14,832	7,783	0.50	125	7,049	14,832	ND
	3870	20,476	0.33	218	25,156	45,632	-	-		20,476	0.33	218	25,156	45,632	35,391	0.44	497	10,241	45,632	ND
	Subtotal	95,247	0.37	1,139	200,442	295,689				96,497	0.37	1,146	199,192	295,689	121,893	0.41	1,593	173,796	295,689	
3	3970	23,092	0.50	368	52,271	75,363	-	-		23,092	0.50	368	52,271	75,363	18,354	0.63	369	57,009	75,363	ND
	3870	40,001	0.30	384	64,193	104,194	9%	9%		43,593	0.32	455	60,601	104,194	73,872	0.51	1,200	30,322	104,194	2
	3860	10,024	0.29	93	53,656	63,680	-	-		10,024	0.29	93	53,656	63,680	25,703	0.58	483	37,977	63,680	ND
	Subtotal	73,117	0.36	845	170,120	243,237				76,709	0.37	916	166,528	243,237	117,929	0.54	2,053	125,308	243,237	
4	3960	21,895	0.67	474	167,729	189,624	-	-		21,895	0.67	474	167,729	189,624	45,990	0.45	672	143,634	189,624	ND
	3950	2,472	0.50	40	29,105	31,577	79%	-18%		2,472	0.50	40	29,105	31,577	8,773	0.34	95	22,804	31,577	2
	3940	23,164	0.29	217	49,582	72,746	30%	-10%		30,065	0.26	254	42,681	72,746	10,676	0.38	132	62,070	72,746	2
	3870	111,159	0.52	1,856	39,216	150,375	9%	9%		121,142	0.56	2,200	29,233	150,375	125,622	0.64	2,584	24,753	150,375	2
	3860	24,121	0.63	492	5,527	29,648	-2%	2%		23,529	0.65	491	6,119	29,648	15,079	0.92	444	14,569	29,648	2
	Subtotal	182,811	0.52	3,079	291,159	473,970				199,103	0.54	3,458	274,867	473,970	206,140	0.59	3,926	267,830	473,970	

Nota: valores por cada modelo (Largo Plazo, Largo Plazo ajustado con factores de reconciliación y Corto Plazo), *Fuente:* Propia

En la Tabla 70 se muestra los tonelajes estimados a minar con sus respectivas leyes de oro (modelos de largo plazo con y sin factores) y los tonelajes y leyes obtenidos por los taladros de producción (modelo de corto plazo). Solo se aplicó los factores de reconciliación al modelo de largo plazo en los cortes que se encontraban dentro del área de influencia de los sectores estudiados (ver sección 5.4.1).

En la Tabla 71 se observa que los factores de ajuste permiten realizar un mejor cálculo del tonelaje de mineral a enviar al proceso (menor variación porcentual respecto al modelo de corto plazo) y de esta manera poder determinar con mayor precisión la capacidad de llenado de cada celda en el pad de lixiviación, además de permitir cuantificar con mayor exactitud el apilamiento sobre celdas donde se esté finalizado el periodo de riego y aprovechar las áreas dispuestas, así como optimizar las áreas en el botadero por la mejor aproximación del tonelaje de estéril a descargar en estas áreas. Así mismo, un mejor cálculo en las leyes estimadas para las 4 semanas de minado y una aproximación más confiable en el tonelaje permite, en términos de onzas reportadas, observar una menor variabilidad (cuando se ajusta con los factores), lo cual es de suma importancia para poder establecer prioridades de minado. En este caso se verá un incremento en el reporte de onzas puestas de esta manera para el siguiente periodo se podría priorizar el desbroce de otras zonas y descubrir nuevas zonas mineralizadas.

Tabla 71

Comparación porcentual de modelos

Tonelaje de Mineral por Semana			Ley de Mineral por Semana			Onzas de Mineral por Semana		
Semana	CP VS LP	CP VS LPF	Semana	CP VS LP	CP VS LPF	Semana	CP VS LP	CP VS LPF
1	60%	56%	1	24%	29%	1	98%	100%
2	28%	26%	2	9%	10%	2	40%	39%
3	61%	54%	3	51%	46%	3	143%	124%
4	13%	4%	4	13%	10%	4	28%	14%

Fuente: Propia

En la Tabla 72 se muestra el resumen total minado de las 4 semanas separados por bancos para los tres modelos evaluados, esta tabla permite realizar el seguimiento a la conservación total del material a minar, dando como resultado un mejor ajuste en el tonelaje, ley y onzas de mineral minado. Este mejor ajuste en el mineral se verá ligado de forma indirectamente proporcional al tonelaje de desmonte minado, es decir, mientras mayor cantidad de mineral por encima de la ley de corte estimemos con los factores de reconciliación, disminuirá la cantidad de desmonte a acarrear. O se puede dar el caso opuesto según sea el comportamiento de la mineralización, obteniendo factores de reconciliación que sinceren una disminución, con respecto al modelo de largo plazo, en tonelaje de mineral y ley.

Tabla 72

Resumen por bancos de modelos teóricos y reporte real

Banco	Modelo de Largo Plazo					Modelo de Largo Plazo con factores				
	Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total Minado	Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total Minado
3980	-	-	-	63,112	63,112	-	-	-	63,112	63,112
3970	55,070	0.47	828	140,324	195,394	55,070	0.47	828	140,324	195,394
3960	24,173	0.65	502	188,127	212,300	24,173	0.65	502	188,127	212,300
3950	57,656	0.35	652	113,695	171,351	56,626	0.35	629	114,725	171,351
3940	36,709	0.30	351	113,191	149,900	47,646	0.27	410	102,254	149,900
3880	10,011	0.32	102	12,309	22,320	10,011	0.32	102	12,309	22,320
3870	196,595	0.43	2,688	193,155	389,750	210,170	0.46	3,103	179,580	389,750
3860	34,145	0.53	585	59,183	93,328	33,553	0.54	584	59,775	93,328
Total	414,359	0.43	5,708	883,096	1,297,455	437,248	0.44	6,157	860,207	1,297,455

Banco	Modelo de Corto Plazo				
	Mineral	Au (g/t)	Oz. Au	Desmonte	Total Minado
3980	-	-	-	63,112	63,112
3970	40,268	0.47	607	155,126	195,394
3960	52,738	0.44	740	159,562	212,300
3950	72,932	0.37	878	98,419	171,351
3940	25,407	0.40	326	124,493	149,900
3880	12,691	0.49	198	9,629	22,320
3870	302,238	0.53	5,171	87,512	389,750
3860	40,782	0.71	927	52,546	93,328
Total	547,056	0.50	8,847	750,399	1,297,455

Fuente: Propia

De los resultados observados en la Tabla 72 se obtiene el resumen porcentual de la Tabla 73. Se tiene una variación de 25.1% comparando los modelos de corto y de largo Plazo ajustado con los factores de reconciliación y 32.0% realizando en mismo análisis entre los modelos de corto y largo plazo sin el uso de factores para el mineral minado, es decir el modelo inicial de largo plazo estimó 414k toneladas de mineral (cut off= 0.2 g /t), el modelo de largo plazo ajustado por los factores de reconciliación arrojó 437k toneladas y el reporte generado por el corto plazo fue de 547k toneladas, por ende se observa una mejor aproximación usando los factores de reconciliación al tonelaje reportado por los taladros de producción. Se obtuvo una diferencia en el tonelaje de mineral entre lo real (corto plazo) y lo estimado (largo plazo) de 132.7 ktons (32.0%) y 109.8 ktons (25.1%) entre corto largo plazo con factores (menor variación). Esta variación en adelante permitirá cuantificar, diseñar y disponer este material con mayor precisión según sus características geológicas y leyes a sus respectivos destinos (celdas de lixiviación – chancado o stock de mineral).

En la ley de oro se ve una variación menor con respecto al modelo de largo plazo usando los factores de reconciliación con respecto a los taladros de producción (corto plazo), obteniendo una variación global de las 4 semanas de minado de 14.8% comparando con el 17.4% de variación que se presentaba inicialmente entre el modelo de largo y corto plazo. En términos de gramos por tonelada se obtuvo 0.44 g/t para el modelo de largo plazo con factores, 0.43 g/t para el largo plazo y una ley de 0.5 g/t para el modelo de corto plazo. Este resultado indica que parte del tonelaje inicialmente calculado por el modelo de largo plazo como desmonte en realidad, basado en los blastholes, fue mineral. Detallando se ganó 22.9 ktons (437.2ktons – 414.4ktons) de mineral con una ley promedio de 0.44 g/t (evaluando el modelo de largo y el modelo largo plazo con factores de reconciliación). Este resultado se verá reflejado en la mejora de la estimación de onzas

puestas en el pad de lixiviación y su futura recuperación, así como la distribución directa del posible material que se reconcilió como mineral con ley sobre el cut off, brindando una previsión del destino de este tonelaje. Esta mejor recuperación de onzas puestas permite realizar, hacia adelante, una mejor distribución de los recursos y priorizar las labores siguientes para darle continuidad al minado. En este plan se obtuvo 5.7k onzas para el modelo de largo plazo, 6.2k onzas para el modelo de largo plazo con factores de reconciliación y 8.8k onzas para el modelo de corto plazo, con lo cual se evidencia que la interacción mineral – ley con factores brinda una mejora aproximación a lo real a obtener, permitiendo realizar ajustes en los forecast de acuerdo al avance mensual.

En el caso del desmonte, como se explicó previamente, dependerá de la cantidad de mineral que se estimó inicialmente como estéril, es este ejercicio se obtuvo una menor variación del real desmonte obtenido por el modelo de corto plazo versus el modelo de largo plazo con factores de 43.7% y de 55% para los modelos de corto y largo plazo. Esta mejora o menor sesgo en la cantidad de material por debajo del cut off permitirá diseñar el plan de acarreo y de descarga de una manera más precisa y utilizar estas áreas con mejor eficiencia, incluso se puede mencionar el uso horario de equipos auxiliares para la conformación de los botaderos.

Tabla 73

Resumen de variaciones porcentual respecto al Modelo de Corto Plazo

Tonelaje de Mineral por Fase			Ley de Mineral por Fase			Onzas de Mineral por Fase		
Fases Minado	CP VS LP	CP VS LPF	Fases Minado	CP VS LP	CP VS LPF	Fases Minado	CP VS LP	CP VS LPF
Mes	32.0%	25.1%	Mes	17.4%	14.8%	Mes	55.0%	43.7%

Tonelaje de Desmonte por Fase		
Fases Minado	CP VS LP	CP VS LPF
Mes	-15.0%	-12.8%

Fuente: Propia

Resumen de Modelos					
(Tn)	Mineral	Au g/t	Oz. Au	Desmonte	Total Minado
LP	414,359	0.43	5,708	883,096	1,297,455
LPF	437,248	0.44	6,158	860,207	1,297,455
CP	547,056	0.50	8,847	750,399	1,297,455

Fuente: Propia

Este análisis fue realizado para el caso de un plan a corto plazo, lo cual es válido para evitar las posibles fluctuación o discontinuidades geológicas-estadísticas que se dan en este periodo, cabe resaltar que se debe realizar de manera continua la evaluación y sinceramiento de los factores de reconciliación con la nueva información que proviene de la comparación de los modelos, realizando un adecuado seguimiento de las actividades que permiten generar el modelo de corto plazo.

Un ejemplo de una proyección anual del uso de los factores de reconciliación se vió en la sección 5.4.3.2 donde se muestra la Tabla 35 que el modelo de largo plazo estimó 93k onzas de oro, el modelo de largo plazo con factores de reconciliación 126k onzas de oro y el modelo de corto plazo 128k onzas de oro, brindando una estimación muy próxima a lo real obtenido (para más detalle ver anexo 19 para el caso de tonelaje y ley). Esta mejora implica el sinceramiento de los planes a corto plazo, pero acarrear influencia en los budgets planteados por la empresa donde se definen los objetivos a alcanzar

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Según la hipótesis planteada, mediante un modelo de reconciliación se han determinado factores de ajuste entre los modelos de largo y corto plazo los cuales influyen favorablemente en la mejora de estimación de reservas para cortos periodos de minado, se encontró una mejora de 7 puntos (CP vs LP: 25.1% vs CP VS LPF: 32.0%) para la estimación de tonelaje de mineral y 3 puntos porcentuales (CP vs LP: 17.4% vs CP VS LPF: 14.8%) para la estimación de la ley en el plan de minado a corto plazo.

2. Se planificó las actividades previas al proceso de minado que permitieron generar el modelo de bloques de corto plazo, encontrando que un cono óptimo es de 0.50 m de altura, 1.40 m de diámetro en base mayor y 0.60 m de diámetro en base menor para una DMM2 con 7' 7/8'' de diámetro de taladro y barras de 10.2 m. Dichas dimensiones pueden variar (factores externos), pero sin perder la forma cónica de los detritus.

3. Se determinó las actividades para cuantificar y controlar el mineral del modelo de corto plazo para asegurar su correcta extracción a través de controles de minado, polígonos con ángulo no menor a 45 grados y SMU, dando un frente de minado de fácil desarrollo. Para la cuantificación y control del mineral un 5% de dilución por polígono es aceptable y un balance de cargas no mayor al 5% del tonelaje por polígono minado.

4. Se determinó el modelo de reconciliación para medir, controlar y gestionar el proceso de minado. El modelo de reconciliación brindó indicadores claves para medir la efectividad de los modelos teóricos y el desempeño de la operación, el cual no debe superar el 10% de variación entre el modelo de corto plazo y el mineral declarado de mina, caso contrario es una ineficiencia en la estimación y en la operación de minado. Este porcentaje dependerá del tamaño de la operación (menor escala mayor exactitud).

5. Se determinó los factores de reconciliación para optimizar el cálculo de reservas a corto plazo, se analizó por sectores con la finalidad de conservar sus propiedades

intrínsecas, obteniendo para el modelo de corto plazo 128.3 k onzas (0.537 g/t Au), para el modelo de largo plazo 93.2 k onzas (0.447 g/t Au) y para el modelo con factores de reconciliación 126.1 k onzas (0.465 g/t Au), dando una mejor proyección de las reservas.

6. Se definió parámetros estadísticos de los modelos de corto y largo plazo que aseguraron la aplicación de los factores de reconciliación en la estimación de reservas a corto plazo por sectores, encontrando una variación entre modelos de corto y largo plazo de -27.4% y ajustado con factores de reconciliación de -1.7% para las onzas, un buen ajuste en la ley de oro extraída de -13.3% con respecto al -16.8% de variación sin el uso de factores. Se usó el coeficiente de correlación, encontrando para el modelo de largo y corto plazo un R de 0.7782 y para el modelo de largo plazo con factores de reconciliación y corto plazo un R de 0.8266, con una variación entre coeficientes de 6.23%, variación baja, concluyendo que los factores realizaron un mejor ajuste a las reservas proyectadas conservando el comportamiento geológico – estadístico inicial de la zona de minado.

7. Se realizó un adecuado plan de minado a corto plazo usando los factores de reconciliación de acuerdo al minado cuyos cortes fueron evaluados dentro de los sectores donde se determinó estos factores, se obtuvo una variación de 25.1% comparando los modelos de corto (CP) y largo plazo (LPF) ajustado con los factores y 32% entre los modelos de corto y de largo plazo (LP) para el tonelaje de mineral, una variación de 17.4% para el CP vs LP y con el uso de factores bajó a 14.8% para la ley.

Esta mejor estimación en mineral genera un sinceramiento en el diseño y disposición (llenado de celdas) de material en las áreas del pad. Así mismo, en la cantidad de desmonte a acarrear, arrojando un mejor ajuste en las toneladas de estéril a depositar en los botaderos, obteniendo un -12.8% de variación entre el CP vs LPF y -15% entre CP vs LP, este mejor ajuste se refleja en todo el proceso del diseño minero, desde las áreas de descarga hasta el cálculo de horas necesarias para el cumplimiento del plan minero.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Realizar una constante evaluación de los faldones en las perforadoras de los taladros de producción a fin de asegurar la formación de conos truncados regulares para el proceso de obtención de muestras representativas, tanto para información geológica y química.

2. Actualizar de manera periódica y constante la superficie de minado a través de levantamientos topográficos con la finalidad de determinar el real avance de minado, considerar todo cambio topográfico ya sea por la explotación del material y la construcción estructuras auxiliares (canales, pozas, diques, etc.).

3. Dado los alcances del proceso de reconciliación minera, realizar el análisis de manera continua, siguiendo las fases de minado y actualizar los datos históricos con la información obtenida del corto plazo para la aplicación de factores en futuras estimaciones. Este análisis es aplicable a la etapa de recuperación del metal en planta, de este modo, hacer el seguimiento de la eficiencia y eficacia del proceso hasta la etapa final y medir, controlar y gestionar la recuperación metalúrgica.

4. Optimizar el procesamiento de la información para el cálculo de los factores de reconciliación mediante un algoritmo programado con el objetivo de reducir tiempo en la gestión de los datos, considerando Python como un lenguaje el cual podría reemplazar a las tablas Excel.

5. Realizar un estudio para crear un modelo de bloques a corto plazo donde cada bloque posea un análisis probabilístico de predicción de presencia de mineral con los factores de reconciliación.

6. Evaluar el plan de minado a corto de una manera más detallada, considerando este un estudio más minucioso, aplicando modelos de simulación por elementos discretos o Montecarlo donde corresponda.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro Sironvalle, M. A. (2007). *Estimación de Recursos Mineros*. Chile.
- Alvarado Herrada, P. (2007). *Planeamiento de minado y control de mineral en minera Yanococha*. Universidad Nacional de Ingenieria, Ingeniería de Minas.
- Briceño, M. I. (29 de Junio de 2015). *Técnica e Instrumentos*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=_--m0aBE33c
- Ccama Hancoco, M. L. (2017). *Aplicación del QAQC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Lima.
- Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia(JORC)”. (2001). *Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena (El Código JORC)*. Australia.
- De Nicola Perez, C. F. (2015). Dilución Operacional en Mina el Soldado. *Tesis*. Santiago de Chile, Chile.
- González, J. P. (2010). Reconciliación entre lo Prometido y lo Obtenido. *Seminario “Competencias en Recursos y Reservas Mineras”*, 34.
- Gutiérrez Panihuara, Y. A. (2016). Metodología de control de calidad de mineral en la producción de oro, aplicado en minería a tajo abierto - "Yacimiento Jessica" Compañía Minera Aruntani - Puno - Perú.
- Herrera Valdez, J., & Mayorga Rojas, J. C. (2020). Acciones para reducir diferencias de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a molienda. *Revista Del*

Instituto De Investigación De La Facultad De Geología, Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas, 23(45), 29-35.

- J.E. Gutiérrez, e. a. (2014). Conciliación en minería subterránea: Procedimientos y aplicaciones. *10 Congreso Nacional de Minería*.
- Medrano Raymundo, C. A. (2011). *Metodología de estimación de recursos minerales y reconciliación de reservas de la veta Jimena en el sector norte del Baltolito de Pataz*. Universidad Nacional de Ingeniería, Ingeniería Geológica, Lima.
- Morley, C. (2003). Beyond Reconciliation a pro-active Approach to Using Mining Data. *Fifth Large Open Pit Mining Conference*, (págs. 185-191). Kalgoorlie, WA.
- Newman, A., Rubio, E., Caro, R., & Weintraub, A. (2007). A Review of Operations Research in Mine Planning. *Workshop on Operations Research in Mining*, (págs. 1-13).
- Noppé, M. (2004). Reconciliation: importance of good sampling and data QAQC. *Brisbane*.
- Pitard, F. (2001). A Strategy to minimise ore grade reconciliation problems between the mine and the mill. En A. C. Edwards, *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (págs. 557-566). Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Rubio, E. (2006). Block cave mine infrastructure reliability applied to production planning. Thesis (Ph. D.). Vancouver, Canada: The University of British Columbia. The Faculty of Graduate Studies (Mining Engineering).
- Sketchley, D. A. (1999). Gold deposits: establishing sampling procolols and monitoring quality control. En *Explor. Mining Geol*, Vol 7 (págs. 129-138). Canada, Canada: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.

Troncoso, F. (2009). Modelo de planificación de corto plazo aplicado a la mina Spence.

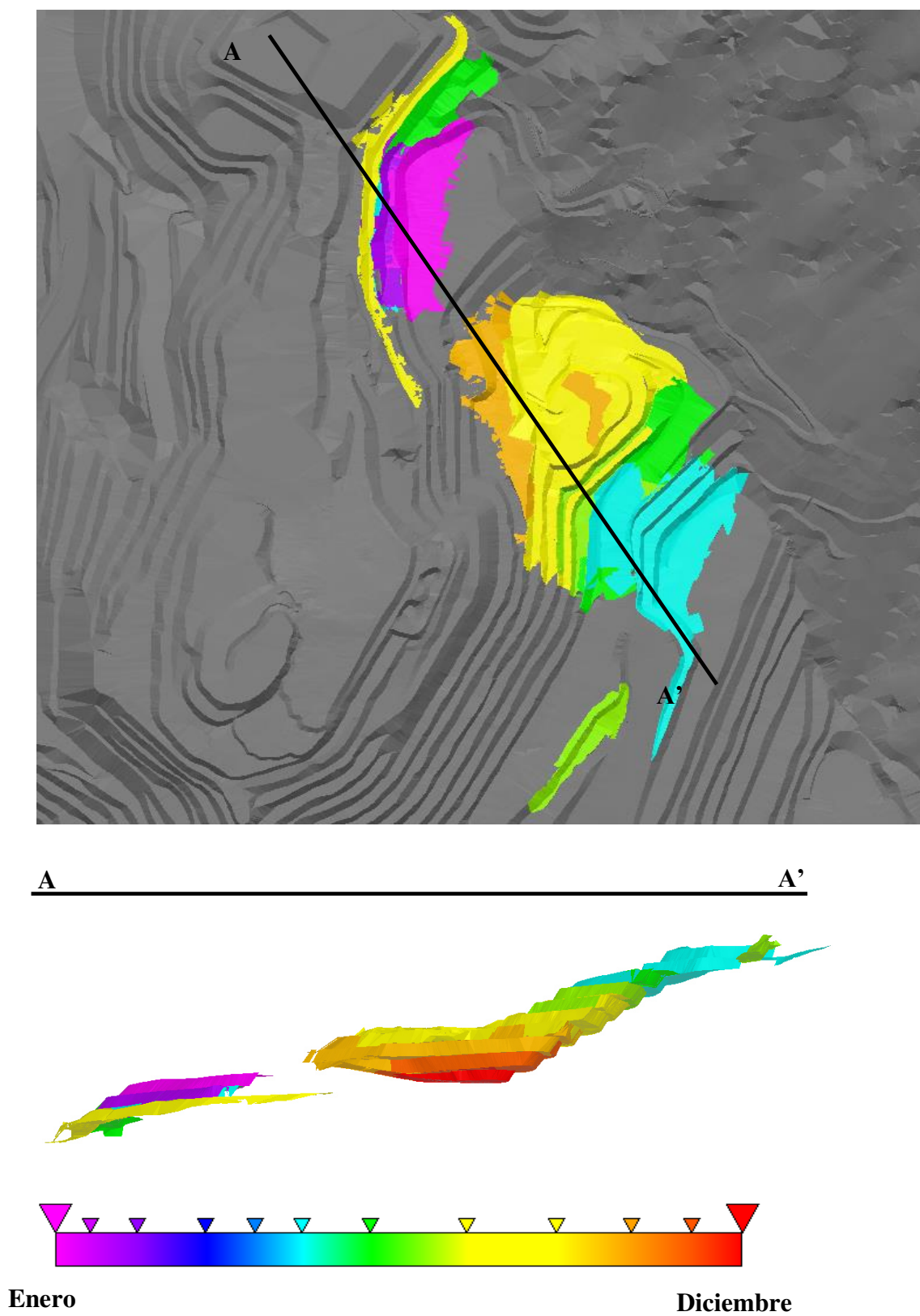
Santiago de Chile, Chile: Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad de Chile.

Unidad Minera. (2017). Modelo de Bloques [Base de datos]. Huaraz, Ancash, Lima.

Vargas Vergara, M. A. (2011). Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla. Santiago de Chile, Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Sector 1 por meses



Fuente: Propia

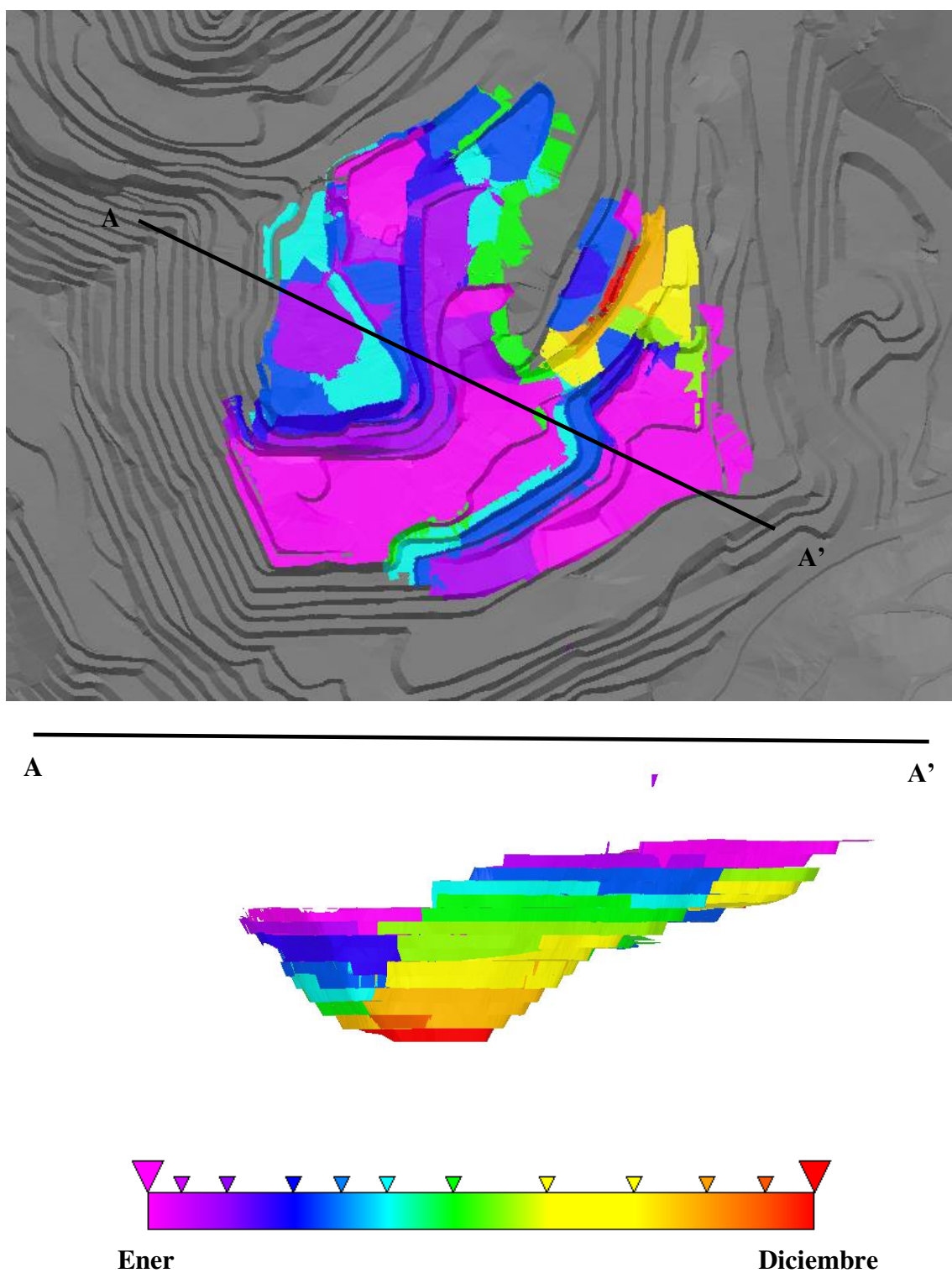
Anexo 2. Cálculo de reservas a largo plazo para Sector 1

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo (Toneladas por banco - tn)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	-	-	1,815	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	-	-	145	7,888	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	-	-	1,437	10,989	977	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-	-	34,626	38,155	574	-	-
3820	-	-	-	-	-	-	-	973	111,441	80,830	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-	-	282	171,892	4,082	-
3800	2,460	-	-	-	-	-	-	-	-	23,323	20,284	1,040
3790	26,089	-	-	-	-	1,077	-	-	-	-	983	20,732
3780	-	3,911	-	-	166	18,688	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-	-	3,422	-	-	10,232	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo (Leyes por banco - Au g/t)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	-	-	0.440	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	-	-	0.335	0.367	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	-	-	0.438	0.387	0.364	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-	-	0.564	0.506	0.804	-	-
3820	-	-	-	-	-	-	-	0.398	0.433	0.635	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-	-	0.583	0.501	0.669	-
3800	0.335	-	-	-	-	-	-	-	-	0.623	0.337	0.505
3790	0.365	-	-	-	-	0.449	-	-	-	-	0.673	0.422
3780	-	0.473	-	-	0.463	1.088	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-	-	1.058	-	-	0.688	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo (Onzas por banco - Oz)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	-	-	2	93	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	-	-	20	137	11	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-	-	628	621	15	-	-
3820	-	-	-	-	-	-	-	12	1,553	1,651	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,770	88	-
3800	26	-	-	-	-	-	-	-	-	467	220	17
3790	306	-	-	-	-	16	-	-	-	-	21	281
3780	-	59	-	-	2	654	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-	-	116	-	-	226	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 3. Sector 2 por meses

Fuente: Propia

Anexo 4. Cálculo de reservas a largo plazo para Sector 2

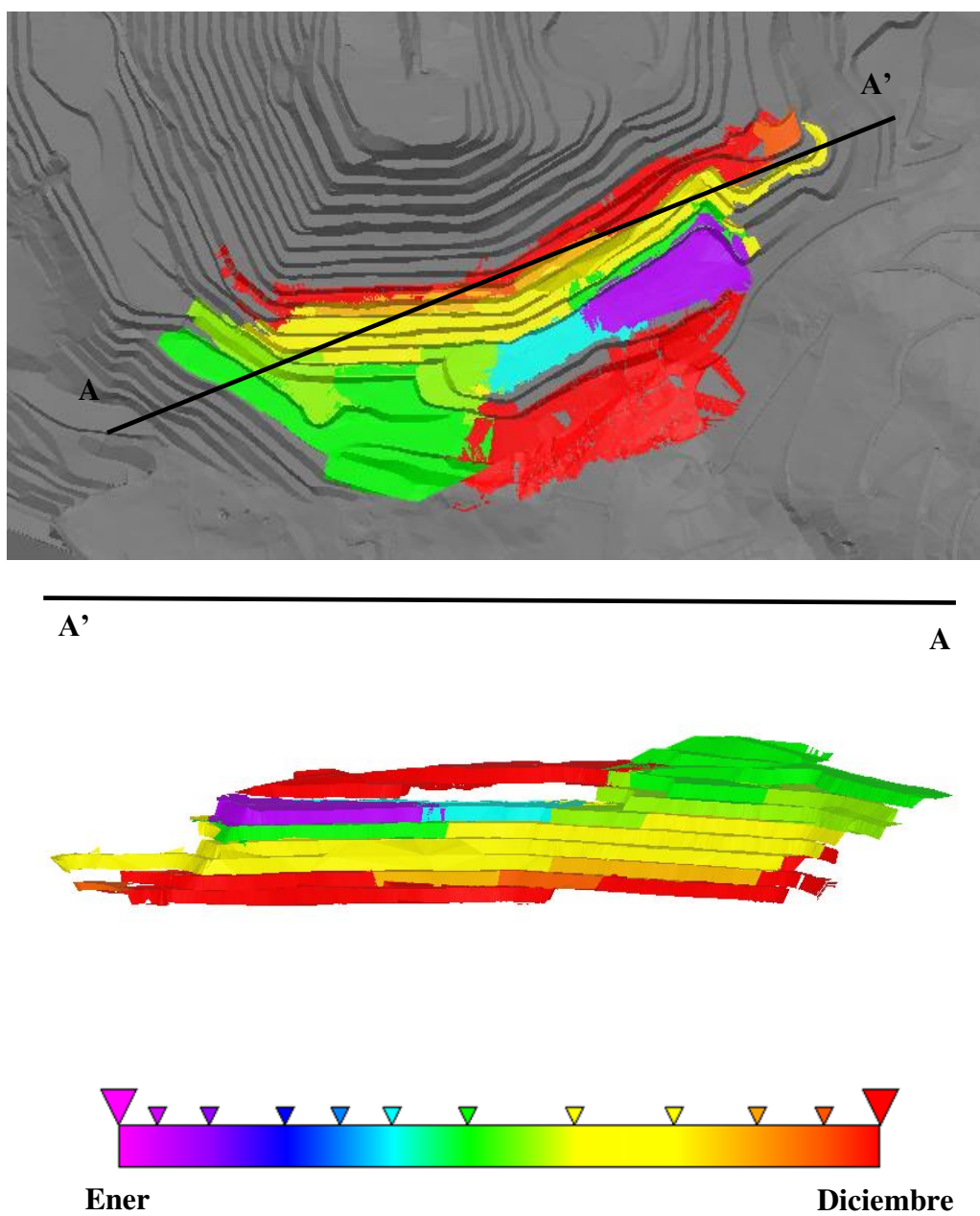
Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo (Toneladas por banco - tn)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	503	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	19,450	461	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	11,984	37,277	580	1,009	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	451	1,752	6,994	75,522	565	-	6,291	145	-	-	-	-
3930	-	-	1,454	69,175	18,107	-	9,540	6,659	-	5,820	-	-
3920	47,918	-	-	1,427	94,664	57,837	133	1,161	-	22,603	-	25,158
3910	293,256	21,423	2,215	4,765	623	155,718	626	-	732	399	-	-
3900	246,032	250,423	1,153	-	-	36,770	132,996	-	-	-	-	-
3890	2,178	214,856	136,823	1,851	2,485	2,436	179,190	11,087	-	-	-	-
3880	-	90,601	253,806	37,732	157	6,401	30,786	87,825	38,227	-	-	-
3870	-	714	255,204	65,838	2,791	845	186	137,699	1,345	-	-	-
3860	-	5,266	3,708	249,415	157,275	4,313	-	55,417	-	393	-	-
3850	-	-	-	2,335	216,644	22,056	204	-	-	45,549	-	-
3840	-	-	-	-	1,263	113,045	18,862	-	87,641	115,567	92	-
3830	-	-	-	-	-	458	62,077	-	69,899	78,499	9,465	-
3820	-	-	-	-	-	1,077	1,165	-	-	585	-	34,797
3810	-	-	-	-	-	2,248	-	-	-	-	-	-

Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo (Leyes por banco - Au g/t)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	0.317	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	0.386	0.771	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	0.674	0.663	0.556	0.260	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	0.319	0.356	0.796	0.356	0.317	-	1.735	1.074	-	-	-	-
3930	-	-	0.215	0.312	0.371	-	0.400	1.008	-	0.238	-	-
3920	0.403	-	-	0.276	0.351	0.286	0.330	0.464	-	0.247	-	0.241
3910	0.436	0.406	0.380	0.250	0.289	0.335	0.252	-	0.328	0.224	-	-
3900	0.551	0.409	0.927	-	-	0.263	0.290	-	-	-	-	-
3890	0.483	0.425	0.388	0.239	0.785	0.382	0.277	0.219	-	-	-	-
3880	-	0.791	0.684	0.414	0.472	0.664	0.356	0.248	0.379	-	-	-
3870	-	1.178	0.878	0.606	0.453	0.216	0.401	0.322	0.320	-	-	-
3860	-	0.588	0.510	0.581	0.486	0.400	-	0.440	-	0.419	-	-
3850	-	-	-	0.484	0.483	0.719	0.263	-	-	0.478	-	-
3840	-	-	-	-	0.355	0.372	0.348	-	0.346	0.372	0.519	-
3830	-	-	-	-	-	0.276	0.285	-	0.329	0.297	0.323	-
3820	-	-	-	-	-	0.449	0.249	-	-	0.249	-	0.275
3810	-	-	-	-	-	1.061	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo (Onzas por banco - Oz)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	241	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	260	795	10	8	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	5	20	179	864	6	-	351	5	-	-	-	-
3930	-	-	10	694	216	-	123	216	-	45	-	-
3920	621	-	-	13	1,068	533	1	17	-	179	-	195
3910	4,111	279	27	38	6	1,675	5	-	8	3	-	-
3900	4,358	3,295	34	-	-	311	1,239	-	-	-	-	-
3890	34	2,936	1,705	14	63	30	1,595	78	-	-	-	-
3880	-	2,305	5,579	502	2	137	352	700	466	-	-	-
3870	-	27	7,205	1,283	41	6	2	1,425	14	-	-	-
3860	-	100	61	4,662	2,456	56	-	784	-	5	-	-
3850	-	-	-	36	3,361	510	2	-	-	700	-	-
3840	-	-	-	-	14	1,352	211	-	975	1,382	2	-
3830	-	-	-	-	-	4	568	-	739	749	98	-
3820	-	-	-	-	-	16	9	-	-	5	-	307
3810	-	-	-	-	-	77	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 5. Sector 3 por meses

Fuente: Propia

Anexo 6. Cálculo de reservas a largo plazo para Sector 3

Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo (Toneladas por banco - tn)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	502	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	41,552	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	11,107	49,067	-	-	-	-	27,843
4020	1,697	-	179	72,786	637	-	-	-	3,781
4010	34,122	14,152	153	24,174	84,642	-	-	-	-
4000	3,695	-	57,076	-	216,186	1,160	-	-	-
3990	-	-	-	-	88,017	99,176	562	-	3,190
3980	-	-	-	-	2,840	98,543	103,776	493	9,998
3970	-	-	-	-	-	999	25,341	72,261	56,865
3960	-	-	-	-	-	-	-	1,014	87,952
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	439
Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo (Leyes por banco - Au g/t)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	0.268	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	0.392	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	0.391	0.329	-	-	-	-	0.266
4020	0.681	-	0.323	0.329	0.301	-	-	-	0.318
4010	0.331	0.281	0.248	0.421	0.269	-	-	-	-
4000	0.485	-	0.442	-	0.418	0.340	-	-	-
3990	-	-	-	-	0.391	0.384	0.298	-	0.212
3980	-	-	-	-	0.437	0.342	0.452	0.368	0.276
3970	-	-	-	-	-	0.371	0.381	0.349	0.292
3960	-	-	-	-	-	-	-	0.307	0.335
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	0.660
Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo (Onzas por banco - Oz)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	4	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	523	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	140	519	-	-	-	-	238
4020	37	-	2	769	6	-	-	-	39
4010	363	128	1	327	733	-	-	-	-
4000	58	-	811	-	2,906	13	-	-	-
3990	-	-	-	-	1,107	1,223	5	-	22
3980	-	-	-	-	40	1,084	1,508	6	89
3970	-	-	-	-	-	12	310	811	534
3960	-	-	-	-	-	-	-	10	947
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	9

Fuente: Propia

Anexo 7. Cálculo de reservas a Corto plazo para Sector 1

Nivel	Sector 1: Modelo de Corto Plazo (Toneladas por banco -tn)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	1,332	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	877	2,894	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	1,915	18,364	2,511	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	42,260	70,087	973	-	-
3820	-	-	-	-	-	1,048	122,726	94,976	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	268	174,527	3,607	-
3800	1,725	-	-	-	-	-	-	50,670	32,051	1,149
3790	22,534	-	-	307	-	-	-	-	431	16,112
3780	-	4,482	321	16,736	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	3,422	-	-	9,411	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Corto Plazo (Leyes por banco - Au g/t)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	0.492	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	0.270	0.351	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	0.655	0.430	0.341	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	1.150	0.679	0.504	-	-
3820	-	-	-	-	-	0.797	0.681	0.728	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	0.664	0.616	0.512	-
3800	0.371	-	-	-	-	-	-	0.749	0.476	0.679
3790	0.386	-	-	0.328	-	-	-	-	1.111	0.898
3780	-	0.542	0.333	1.054	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	1.058	-	-	0.705	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Corto Plazo (Onzas por banco - Oz)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	8	33	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	40	254	27	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	1,563	1,529	16	-	-
3820	-	-	-	-	-	27	2,689	2,224	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	6	3,458	59	-
3800	21	-	-	-	-	-	-	1,220	490	25
3790	279	-	-	3	-	-	-	-	15	465
3780	-	78	3	567	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	116	-	-	213	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 8. Cálculo de reservas a Corto plazo para Sector 2

Nivel	Sector 2: Modelo de Corto Plazo (Toneladas por banco - tn)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	54,654	612	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	49,650	46,721	2,057	357	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	840	1,676	7,846	106,351	938	-	19,526	288	-	-	-	-
3930	-	-	2,813	85,549	35,816	-	25,854	21,750	-	11,606	-	-
3920	62,723	-	-	1,869	86,147	81,676	247	2,948	-	18,420	-	24,488
3910	332,517	9,292	924	17,693	1,010	166,814	700	-	1,339	369	-	-
3900	256,831	226,146	1,205	-	-	28,391	182,283	-	-	-	-	-
3890	2,200	227,440	133,779	28,094	7,413	7,771	215,935	9,059	-	-	-	-
3880	-	97,005	302,672	32,288	47	25,883	60,881	146,505	9	-	-	-
3870	-	879	246,277	63,625	3,772	845	195	191,450	1,075	-	-	-
3860	-	5,018	3,740	245,937	182,443	2,310	-	60,456	-	370	-	-
3850	-	-	-	2,611	273,752	42,415	581	-	-	46,046	-	-
3840	-	-	-	-	2,523	137,725	38,487	-	2,315	105,890	227	-
3830	-	-	-	-	-	506	68,400	-	530	95,536	9,321	-
3820	-	-	-	-	-	307	775	-	-	896	-	50,185
3810	-	-	-	-	-	2,265	-	-	-	-	-	-

Nivel	Sector 2: Modelo de Corto Plazo (Leyes por banco - Au g/t)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	0.297	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	0.361	0.409	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	0.371	0.554	0.264	0.276	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	0.360	0.364	0.264	0.331	0.436	-	0.549	0.542	-	-	-	-
3930	-	-	0.356	0.351	0.397	-	0.363	0.356	-	0.313	-	-
3920	0.381	-	-	0.452	0.343	0.395	0.469	0.377	-	0.276	-	0.314
3910	0.503	0.343	0.290	0.295	0.488	0.568	0.314	-	0.319	0.233	-	-
3900	0.628	0.442	0.860	-	-	0.457	0.541	-	-	-	-	-
3890	0.630	0.593	0.596	0.531	0.405	0.479	0.548	0.429	-	-	-	-
3880	-	0.932	0.595	0.532	0.556	0.582	0.650	0.437	0.315	-	-	-
3870	-	1.028	0.861	0.475	0.428	0.216	0.897	0.566	0.428	-	-	-
3860	-	0.270	0.734	0.797	0.444	0.489	-	0.691	-	0.753	-	-
3850	-	-	-	0.663	0.681	0.517	0.461	-	-	0.579	-	-
3840	-	-	-	-	0.589	0.573	0.511	-	0.482	0.476	0.595	-
3830	-	-	-	-	-	0.492	0.521	-	0.327	0.442	0.371	-
3820	-	-	-	-	-	0.328	0.461	-	-	0.394	-	0.465
3810	-	-	-	-	-	1.531	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Nivel	Sector 2: Modelo de Corto Plazo (Onzas por banco - Oz)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	634	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	593	832	17	3	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	10	20	67	1,132	13	-	344	5	-	-	-	-
3930	-	-	32	965	457	-	301	249	-	117	-	-
3920	769	-	-	27	949	1,038	4	36	-	163	-	248
3910	5,379	103	9	168	16	3,048	7	-	14	3	-	-
3900	5,185	3,211	33	-	-	417	3,171	-	-	-	-	-
3890	45	4,335	2,565	480	97	120	3,806	125	-	-	-	-
3880	-	2,906	5,789	552	1	484	1,273	2,060	0	-	-	-
3870	-	29	6,815	971	52	6	6	3,482	15	-	-	-
3860	-	44	88	6,298	2,605	36	-	1,343	-	9	-	-
3850	-	-	-	56	5,997	705	9	-	-	857	-	-
3840	-	-	-	-	48	2,538	632	-	36	1,620	4	-
3830	-	-	-	-	-	8	1,145	-	6	1,359	111	-
3820	-	-	-	-	-	3	11	-	-	11	-	750
3810	-	-	-	-	-	111	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 9. Cálculo de reservas a Corto plazo para Sector 3

Nivel	Sector 3: Modelo de Corto Plazo (Toneladas por banco - tn)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	4,886	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	16,734	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	11,477	36,622	-	-	-	-	24,492
4020	785	-	68	78,102	801	-	-	-	14,014
4010	23,740	34,872	279	48,480	103,138	-	-	-	-
4000	1,551	-	28,379	-	242,110	1,003	-	-	-
3990	-	-	-	-	117,487	145,409	523	-	8,083
3980	-	-	-	-	3,371	142,815	105,236	261	13,099
3970	-	-	-	-	-	1,679	24,428	84,583	133,910
3960	-	-	-	-	-	-	-	1,012	115,465
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	643
Nivel	Sector 3: Modelo de Corto Plazo (Leyes por banco - Au g/t)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	0.307	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	0.267	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	0.330	0.317	-	-	-	-	0.303
4020	0.407	-	0.329	0.343	0.377	-	-	-	0.370
4010	0.525	0.437	0.386	0.461	0.373	-	-	-	-
4000	0.423	-	0.479	-	0.433	0.344	-	-	-
3990	-	-	-	-	0.479	0.383	0.301	-	0.317
3980	-	-	-	-	0.363	0.409	0.350	0.377	0.320
3970	-	-	-	-	-	0.331	0.393	0.367	0.400
3960	-	-	-	-	-	-	-	0.360	0.526
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	0.644
Nivel	Sector 3: Modelo de Corto Plazo (Onzas por banco)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	48	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	144	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	122	373	-	-	-	-	238
4020	10	-	1	861	10	-	-	-	167
4010	401	490	3	719	1,236	-	-	-	-
4000	21	-	437	-	3,367	11	-	-	-
3990	-	-	-	-	1,808	1,790	5	-	82
3980	-	-	-	-	39	1,879	1,185	3	135
3970	-	-	-	-	-	18	309	997	1,723
3960	-	-	-	-	-	-	-	12	1,954
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	13

Fuente: Propia

Anexo 10. Factores de Reconciliación para el sector 1 (tonelaje y ley)

Nivel	Sector 1: Factores para Tonelaje (%)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	0.1%	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	4.9%	171.5%	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	3.9%	13.7%	33.5%	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-0.1%	9.5%	15.5%	-	-
3820	-	-	-	-	-	-23.8%	-13.3%	-12.5%	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-12.2%	-13.8%	-4.4%	-
3800	7.5%	-	-	-	-	-	-	3.1%	30.1%	48.5%
3790	36.6%	-	-	29.9%	-	-	-	-	-28.5%	-47.1%
3780	-	3.9%	8.7%	36.2%	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-54.2%	-	-	-27.2%	-	-	-

Nivel	Sector 1: Factores para Leyes (%)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	-13.8%	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	-31.5%	-27.5%	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	23.1%	32.0%	20.2%	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	-12.1%	40.3%	59.3%	-	-
3820	-	-	-	-	-	-8.6%	27.7%	51.6%	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	-25.4%	-20.8%	-0.7%	-
3800	-8.9%	-	-	-	-	-	-	-9.8%	9.8%	24.1%
3790	4.5%	-	-	6.6%	-	-	-	-	-7.1%	14.6%
3780	-	10.7%	15.6%	-4.1%	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	-3.3%	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 11. Factores de Reconciliación para el sector 2 (tonelaje y ley)

Nivel	Sector 2: Factores para Tonelaje (%)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	32.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	-21.0%	41.3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	-4.7%	102.2%	113.2%	198.1%	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	221.5%	-3.7%	-0.5%	31.4%	16.2%	-	39.7%	105.7%	-	-	-	-
3930	-	-	-12.1%	34.7%	32.6%	-	40.5%	89.6%	-	165.1%	-	-
3920	-0.6%	-	-	-10.1%	14.3%	17.6%	21.1%	39.3%	-	93.6%	-	73.7%
3910	61.6%	8.0%	-14.3%	-33.8%	52.1%	91.7%	113.5%	-	27.0%	34.0%	-	-
3900	-4.9%	-18.9%	-1.8%	-	-	-0.3%	-9.3%	-	-	-	-	-
3890	90.0%	-18.0%	-10.8%	1.5%	473.8%	538.0%	611.7%	145.9%	-	-	-	-
3880	-	-5.9%	-9.1%	-5.1%	4.0%	-21.7%	73.3%	110.7%	156.3%	-	-	-
3870	-	-3.6%	8.1%	3.5%	5.4%	9.4%	10.6%	13.3%	14.6%	-	-	-
3860	-	0.1%	-1.6%	-1.3%	-1.7%	5.2%	-	-10.6%	-	-7.1%	-	-
3850	-	-	-	4.9%	7.2%	11.7%	43.5%	-	-	101.2%	-	-
3840	-	-	-	-	3.9%	35.9%	40.5%	-	75.2%	9.5%	-0.6%	-
3830	-	-	-	-	-	-0.1%	5.7%	-	-12.9%	-26.2%	-22.5%	-
3820	-	-	-	-	-	-23.8%	-39.7%	-	-	-53.4%	-	82.1%
3810	-	-	-	-	-	-12.2%	-	-	-	-	-	-

Nivel	Sector 2: Factores para Leyes (%)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	-31.1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	-36.6%	-35.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	-4.9%	-18.2%	-21.7%	-37.9%	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	17.6%	32.3%	35.0%	-17.2%	-23.9%	-	-12.1%	-12.6%	-	-	-	-
3930	-	-	-15.4%	10.8%	21.8%	-	6.5%	-0.8%	-	-22.4%	-	-
3920	-8.6%	-	-	-5.4%	14.6%	18.7%	33.1%	25.9%	-	20.4%	-	11.6%
3910	-17.5%	0.5%	-3.7%	-7.9%	-7.0%	21.0%	52.1%	-	54.3%	30.5%	-	-
3900	3.3%	5.0%	7.0%	-	-	4.9%	24.7%	-	-	-	-	-
3890	4.7%	9.9%	25.6%	41.2%	71.9%	42.6%	33.1%	25.0%	-	-	-	-
3880	-	4.0%	8.4%	7.7%	11.1%	11.1%	11.3%	29.4%	48.9%	-	-	-
3870	-	3.2%	6.9%	-11.0%	-12.1%	-9.7%	-9.0%	39.5%	66.5%	-	-	-
3860	-	-13.8%	-18.0%	-3.3%	9.0%	24.2%	-	16.9%	-	23.5%	-	-
3850	-	-	-	-31.5%	-8.7%	14.9%	16.6%	-	-	29.5%	-	-
3840	-	-	-	-	23.1%	37.4%	40.1%	-	55.6%	46.7%	38.0%	-
3830	-	-	-	-	-	-12.1%	31.8%	-	67.1%	53.6%	43.8%	-
3820	-	-	-	-	-	-8.6%	-14.7%	-	-	18.7%	-	61.2%
3810	-	-	-	-	-	-25.4%	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 12. Factores de Reconciliación para el sector 3 (tonelaje y ley)

Nivel	Sector 3: Factores para Tonelaje (%)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	-29.5%	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	-76.9%	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	31.3%	-25.8%	-	-	-	-	-7.3%
4020	10.6%	-	78.1%	90.7%	111.1%	-	-	-	-9.7%
4010	-18.4%	-33.2%	15.6%	66.1%	109.8%	-	-	-	-
4000	-66.7%	-	-16.9%	-	-7.9%	-6.4%	-	-	-
3990	-	-	-	-	-15.9%	-0.2%	22.9%	-	24.4%
3980	-	-	-	-	-21.3%	-13.1%	-3.2%	21.7%	-0.2%
3970	-	-	-	-	-	32.5%	6.3%	-2.6%	27.2%
3960	-	-	-	-	-	-	-	-2.3%	5.0%
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.7%
Nivel	Sector 3: Factores para Leyes (%)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	0.8%	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	-2.9%	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	-32.8%	-27.3%	-	-	-	-	-9.5%
4020	-46.3%	-	0.7%	1.3%	16.1%	-	-	-	10.5%
4010	53.5%	73.5%	92.0%	56.6%	40.1%	-	-	-	-
4000	-66.7%	-	-1.3%	-	45.3%	43.4%	-	-	-
3990	-	-	-	-	-27.3%	-8.9%	9.4%	-	7.7%
3980	-	-	-	-	-38.3%	-29.3%	-13.9%	-6.6%	-0.2%
3970	-	-	-	-	-	-31.1%	-21.1%	-12.6%	-0.8%
3960	-	-	-	-	-	-	-	-20.2%	-0.4%
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.9%

Fuente: Propia

Anexo 13. Cálculo de reservas con ajuste de factores de reconciliación Sector 1

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo con factores (Toneladas por banco - tn)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	1,816	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	152	21,418	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	1,493	12,494	1,304	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	34,585	41,786	663	-	-
3820	-	-	-	-	-	741	96,626	70,754	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	248	148,135	3,901	-
3800	2,645	-	-	-	-	-	-	24,036	26,389	1,544
3790	35,641	-	-	1,399	-	-	-	-	703	10,969
3780	-	4,062	180	25,455	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	1,569	-	-	7,454	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo con factores (Leyes por banco - Au g/t)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	0.379	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	0.229	0.266	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	0.539	0.511	0.438	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	0.496	0.710	1.280	-	-
3820	-	-	-	-	-	0.364	0.553	0.963	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	0.434	0.397	0.664	-
3800	0.305	-	-	-	-	-	-	0.562	0.370	0.627
3790	0.381	-	-	0.479	-	-	-	-	0.625	0.483
3780	-	0.523	0.535	1.044	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	1.023	-	-	0.711	-	-	-

Nivel	Sector 1: Modelo de Largo Plazo con factores (Onzas por banco - Oz)									
	Meses									
	Enero	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3860	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-
3850	-	-	-	1	183	-	-	-	-	-
3840	-	-	-	-	26	205	18	-	-	-
3830	-	-	-	-	-	552	954	27	-	-
3820	-	-	-	-	-	9	1,719	2,191	-	-
3810	-	-	-	-	-	-	3	1,891	83	-
3800	26	-	-	-	-	-	-	434	314	31
3790	437	-	-	22	-	-	-	-	14	170
3780	-	68	3	854	-	-	-	-	-	-
3770	-	-	-	52	-	-	170	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 14. Cálculo de reservas con ajuste de factores de reconciliación Sector 2

Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo con factores (Toneladas por banco - tn)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	666	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	15,358	652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	11,425	75,357	1,237	3,008	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	1,450	1,687	6,958	99,210	657	-	8,787	298	-	-	-	-
3930	-	-	1,277	93,206	24,002	-	13,403	12,626	-	15,431	-	-
3920	47,614	-	-	1,283	108,185	68,030	161	1,617	-	43,763	-	43,702
3910	473,918	23,146	1,898	3,152	948	298,535	1,337	-	930	534	-	-
3900	234,004	203,108	1,133	-	-	36,673	120,595	-	-	-	-	-
3890	4,138	176,127	122,088	1,880	14,259	15,541	1,275,290	27,267	-	-	-	-
3880	-	85,229	230,636	35,820	163	5,009	53,349	185,033	97,979	-	-	-
3870	-	689	275,851	68,141	2,942	925	206	156,053	1,542	-	-	-
3860	-	5,270	3,650	246,217	154,527	4,535	-	49,537	-	365	-	-
3850	-	-	-	2,449	232,219	24,635	293	-	-	91,625	-	-
3840	-	-	-	-	1,312	153,584	26,507	-	153,559	126,553	91	-
3830	-	-	-	-	-	457	65,591	-	60,911	57,939	7,340	-
3820	-	-	-	-	-	821	703	-	-	273	-	63,371
3810	-	-	-	-	-	1,975	-	-	-	-	-	-

Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo con factores (Leyes por banco - Au g/t)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	0.219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	0.244	0.497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	0.641	0.543	0.436	0.161	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	0.375	0.471	1.075	0.294	0.241	-	1.526	0.939	-	-	-	-
3930	-	-	0.182	0.346	0.452	-	0.426	1.000	-	0.185	-	-
3920	0.369	-	-	0.261	0.402	0.340	0.439	0.584	-	0.297	-	0.269
3910	0.360	0.408	0.366	0.230	0.269	0.405	0.383	-	0.506	0.293	-	-
3900	0.569	0.430	0.991	-	-	0.276	0.361	-	-	-	-	-
3890	0.506	0.467	0.487	0.338	1.349	0.544	0.369	0.274	-	-	-	-
3880	-	0.823	0.741	0.446	0.524	0.738	0.396	0.321	0.564	-	-	-
3870	-	1.216	0.938	0.539	0.398	0.195	0.365	0.449	0.533	-	-	-
3860	-	0.507	0.418	0.562	0.530	0.497	-	0.514	-	0.518	-	-
3850	-	-	-	0.332	0.441	0.827	0.307	-	-	0.619	-	-
3840	-	-	-	-	0.437	0.511	0.487	-	0.538	0.546	0.716	-
3830	-	-	-	-	-	0.243	0.375	-	0.550	0.456	0.465	-
3820	-	-	-	-	-	0.410	0.212	-	-	0.295	-	0.443
3810	-	-	-	-	-	0.791	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Nivel	Sector 2: Modelo de Largo Plazo con factores (Onzas por banco - Oz)											
	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3970	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3960	121	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3950	235	1,314	17	16	-	-	-	-	-	-	-	-
3940	17	26	240	939	5	-	431	9	-	-	-	-
3930	-	-	7	1,036	349	-	184	406	-	92	-	-
3920	564	-	-	11	1,398	743	2	30	-	418	-	378
3910	5,478	303	22	23	8	3,884	16	-	15	5	-	-
3900	4,283	2,807	36	-	-	326	1,401	-	-	-	-	-
3890	67	2,644	1,911	20	618	272	15,110	240	-	-	-	-
3880	-	2,255	5,498	513	3	119	680	1,909	1,777	-	-	-
3870	-	27	8,323	1,182	38	6	2	2,252	26	-	-	-
3860	-	86	49	4,449	2,631	72	-	819	-	6	-	-
3850	-	-	-	26	3,289	655	3	-	-	1,824	-	-
3840	-	-	-	-	18	2,525	415	-	2,658	2,220	2	-
3830	-	-	-	-	-	4	791	-	1,076	849	110	-
3820	-	-	-	-	-	11	5	-	-	3		902
3810	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

Anexo 15. Cálculo de reservas con ajuste de factores de reconciliación Sector 3

Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo con factores (Toneladas por banco - tn)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	354	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	9,617	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	14,589	36,422	-	-	-	-	25,798
4020	1,876	-	319	138,839	1,345	-	-	-	3,416
4010	27,854	9,458	177	40,156	177,553	-	-	-	-
4000	1,232	-	47,446	-	199,150	1,086	-	-	-
3990	-	-	-	-	74,031	98,955	691	-	3,968
3980	-	-	-	-	2,236	85,669	100,494	600	9,974
3970	-	-	-	-	-	1,323	26,942	70,407	72,317
3960	-	-	-	-	-	-	-	990	92,309
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	419
Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo con factores (Leyes por banco - Au g/t)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	0.270	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	0.380	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	0.263	0.239	-	-	-	-	0.241
4020	0.366	-	0.325	0.333	0.349	-	-	-	0.351
4010	0.507	0.488	0.477	0.660	0.378	-	-	-	-
4000	0.162	-	0.436	-	0.608	0.488	-	-	-
3990	-	-	-	-	0.284	0.349	0.326	-	0.228
3980	-	-	-	-	0.269	0.242	0.389	0.344	0.276
3970	-	-	-	-	-	0.255	0.300	0.305	0.290
3960	-	-	-	-	-	-	-	0.245	0.334
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	0.628
Nivel	Sector 3: Modelo de Largo Plazo con factores (Onzas por banco - Oz)								
	Meses								
	Febrero	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4050	-	-	3	-	-	-	-	-	-
4040	-	-	118	-	-	-	-	-	-
4030	-	-	123	280	-	-	-	-	200
4020	22	-	3	1,486	15	-	-	-	39
4010	454	148	3	852	2,155	-	-	-	-
4000	6	-	665	-	3,890	17	-	-	-
3990	-	-	-	-	677	1,112	7	-	29
3980	-	-	-	-	19	666	1,257	7	88
3970	-	-	-	-	-	11	260	691	673
3960	-	-	-	-	-	-	-	8	990
3950	-	-	-	-	-	-	-	-	8

Fuente: Propia

Anexo 16. Resumen de modelos por bancos Sector 1

<i>Nivel</i>	<i>Sector 1: Tonelaje (tn)</i>			
	<i>Modelo Corto Plazo</i>	<i>Modelo Largo Plazo</i>	<i>Factores de reconciliación</i>	<i>Modelo Largo Pazo con factores</i>
3860	1,332	1,815	0.1%	1,816
3850	3,771	8,033	168.5%	21,570
3840	22,790	13,403	14.1%	15,291
3830	113,320	73,355	5.0%	77,034
3820	218,750	193,244	-13.0%	168,122
3810	178,402	176,256	-13.6%	152,284
3800	85,595	47,107	15.9%	54,615
3790	39,384	48,881	-0.3%	48,712
3780	21,539	22,765	30.5%	29,697
3770	12,833	13,654	-33.9%	9,023
Total	697,716	598,513	-3.4%	578,164

<i>Nivel</i>	<i>Sector 1: Ley (Au g/t)</i>			
	<i>Modelo Corto Plazo</i>	<i>Modelo Largo Plazo</i>	<i>Factores de reconciliación</i>	<i>Modelo Largo Pazo con factores</i>
3860	0.492	0.440	-13.8%	0.379
3850	0.332	0.366	-27.4%	0.266
3840	0.439	0.391	29.8%	0.507
3830	0.853	0.536	15.5%	0.619
3820	0.702	0.518	40.0%	0.725
3810	0.614	0.505	-20.0%	0.404
3800	0.638	0.482	-4.9%	0.459
3790	0.603	0.397	3.4%	0.411
3780	0.936	0.978	-0.9%	0.970
3770	0.799	0.781	-2.0%	0.765
Total	0.69	0.52	8.0%	0.56

<i>Nivel</i>	<i>Sector 1: Onzas (Oz)</i>			
	<i>Modelo Corto Plazo</i>	<i>Modelo Largo Plazo</i>	<i>Factores de reconciliación</i>	<i>Modelo Largo Pazo con factores</i>
3860	21.1	25.7	-13.8%	22.1
3850	40.3	94.6	94.9%	184.3
3840	321.5	168.3	48.1%	249.3
3830	3108.1	1,263.9	21.3%	1,533.2
3820	4939.0	3,216.0	21.8%	3,918.3
3810	3522.9	2,863.1	-30.9%	1,978.2
3800	1756.2	730.2	10.3%	805.1
3790	763.1	624.4	3.0%	643.3
3780	648.5	715.8	29.3%	925.8
3770	329.6	342.8	-35.2%	222.0
Total	15,450	10,045	4.4%	10,482

Fuente: Propia

Anexo 17. Resumen de modelos por bancos Sector 2

Nivel	Sector 2: Tonelaje (tn)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
3970	158	503	32.5%	666
3960	55,266	19,911	-19.6%	16,009
3950	98,785	50,850	79.0%	91,027
3940	137,465	91,720	29.8%	119,046
3930	183,388	110,755	44.4%	159,946
3920	278,518	250,901	25.3%	314,355
3910	530,658	479,757	67.7%	804,399
3900	694,856	667,374	-10.8%	595,513
3890	631,691	550,906	197.1%	1,636,589
3880	665,290	545,535	27.1%	693,218
3870	508,118	464,622	9.0%	506,348
3860	500,274	475,787	-2.5%	464,101
3850	365,405	286,788	22.5%	351,220
3840	287,167	336,470	37.2%	461,607
3830	174,293	220,398	-12.8%	192,238
3820	52,163	37,624	73.2%	65,167
3810	2,265	2,248	-12.2%	1,975
Total	5,165,760	4,592,149	41.0%	6,473,425

Nivel	Sector 2: Ley (Au g/t)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
3970	0.297	0.317	-31.1%	0.219
3960	0.361	0.395	-35.4%	0.255
3950	0.455	0.656	-17.6%	0.541
3940	0.360	0.485	-10.1%	0.436
3930	0.360	0.366	10.2%	0.403
3920	0.361	0.326	7.7%	0.351
3910	0.513	0.399	-5.4%	0.377
3900	0.538	0.431	7.4%	0.462
3890	0.570	0.364	8.9%	0.397
3880	0.611	0.573	-0.1%	0.572
3870	0.696	0.670	8.8%	0.728
3860	0.648	0.531	2.4%	0.544
3850	0.649	0.500	2.7%	0.513
3840	0.528	0.364	45.2%	0.528
3830	0.469	0.305	50.3%	0.458
3820	0.463	0.278	57.7%	0.439
3810	1.531	1.061	-25.4%	0.791
Total	0.56	0.46	3.2%	0.47

Fuente: Propia

Nivel	Sector 2: Onzas (Oz)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
3970	1.5	5.1	-8.7%	4.7
3960	641.8	252.6	-48.1%	131.1
3950	1,445.8	1073.2	47.5%	1582.8
3940	1,590.5	1429.4	16.7%	1667.9
3930	2,121.3	1303.2	59.1%	2073.5
3920	3,232.9	2627.5	34.9%	3545.5
3910	8,745.9	6152.4	58.6%	9756.4
3900	12,017.3	9238.3	-4.2%	8852.6
3890	11,571.2	6454.9	223.5%	20883.3
3880	13,064.0	10043.8	27.0%	12754.0
3870	11,375.7	10002.4	18.5%	11856.1
3860	10,423.5	8123.3	-0.1%	8111.8
3850	7,622.8	4609.3	25.8%	5796.8
3840	4,878.6	3936.0	99.2%	7839.7
3830	2,628.1	2158.6	31.1%	2829.2
3820	776.0	336.6	173.2%	919.8
3810	111.5	76.7	-34.5%	50.2
Total	92,248	67,823	45.5%	98,655

Fuente: Propia

Anexo 18. Resumen de modelos por bancos Sector 3

Nivel	Sector 3: Tonelaje (tn)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
4050	4886	502	-29.5%	354
4040	16734	41,552	-76.9%	9,617
4030	72591	88,017	-12.7%	76,809
4020	93770	79,080	84.4%	145,794
4010	210509	157,243	62.3%	255,198
4000	273043	278,117	-10.5%	248,914
3990	271502	190,945	-7.0%	177,645
3980	264782	215,650	-7.7%	198,973
3970	244600	155,466	10.0%	170,989
3960	116477	88,966	4.9%	93,300
3950	643	439	-4.7%	419
Total	1,569,537	1,295,977	6.3%	1,378,011

Nivel	Sector 3: Ley (Au g/t)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
4050	0.307	0.268	0.8%	0.2703
4040	0.267	0.392	-2.9%	0.3803
4030	0.314	0.317	-23.0%	0.2441
4020	0.348	0.335	-0.6%	0.3336
4010	0.421	0.307	43.4%	0.4403
4000	0.437	0.424	35.1%	0.5721
3990	0.422	0.384	-16.8%	0.3196
3980	0.381	0.393	-19.0%	0.3185
3970	0.387	0.333	-10.8%	0.2974
3960	0.525	0.335	-0.6%	0.3328
3950	0.644	0.660	-4.9%	0.6277
Total	0.41	0.37	4.2%	0.38

Fuente: Propia

Nivel	Sector 3: Onzas (Oz)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
4050	48.2	4.3	-28.9%	3.1
4040	143.9	523.0	-77.5%	117.6
4030	733.5	896.6	-32.8%	602.9
4020	1047.8	852.9	83.5%	1564.7
4010	2849.0	1,552.5	132.7%	3612.4
4000	3836.3	3,787.2	20.9%	4578.5
3990	3686.0	2,356.9	-22.6%	1825.1
3980	3241.0	2,726.4	-25.3%	2037.6
3970	3047.0	1,666.4	-1.9%	1635.0
3960	1965.6	957.3	4.3%	998.3
3950	13.3	9.3	-9.3%	8.4
Total	20,612	15,333	10.8%	16,984

Fuente: Propia

Anexo 19.

Resumen de modelos por bancos global

Nivel	Global: Tonelaje (tn)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con
4050	4,886	502	-29.5%	354
4040	16,734	41,552	-76.9%	9,617
4030	72,591	88,017	-12.7%	76,809
4020	93,770	79,080	84.4%	145,794
4010	210,509	157,243	62.3%	255,198
4000	273,043	278,117	-10.5%	248,914
3990	271,502	190,945	-7.0%	177,645
3980	264,782	215,650	-7.7%	198,973
3970	244,758	155,969	10.1%	171,655
3960	171,743	108,877	0.4%	109,309
3950	99,428	51,289	78.3%	91,446
3940	137,465	91,720	29.8%	119,046
3930	183,388	110,755	44.4%	159,946
3920	278,518	250,901	25.3%	314,355
3910	530,658	479,757	67.7%	804,399
3900	694,856	667,374	-10.8%	595,513
3890	631,691	550,906	197.1%	1,636,589
3880	665,290	545,535	27.1%	693,218
3870	508,118	464,622	9.0%	506,348
3860	501,606	477,602	-2.4%	465,917
3850	369,176	294,821	26.4%	372,790
3840	309,957	349,873	36.3%	476,898
3830	287,613	293,753	-8.3%	269,273
3820	270,913	230,868	1.0%	233,289
3810	180,667	178,504	-13.6%	154,258
3800	85,595	47,107	15.9%	54,615
3790	39,384	48,881	-0.3%	48,712
3780	21,539	22,765	30.5%	29,697
3770	12,833	13,654	-33.9%	9,023
Total	7,433,013	6,486,639	30.0%	8,429,599

Fuente: Propia

<i>Nivel</i>	<i>Global: Ley (Au g/t)</i>			
	<i>Modelo Corto Plazo</i>	<i>Modelo Largo Plazo</i>	<i>Factores de reconciliación</i>	<i>Modelo Largo Pazo con factores</i>
4050	0.307	0.268	0.8%	0.270
4040	0.267	0.392	-2.9%	0.380
4030	0.314	0.317	-23.0%	0.244
4020	0.348	0.335	-0.5%	0.334
4010	0.421	0.307	43.4%	0.440
4000	0.437	0.424	35.1%	0.572
3990	0.422	0.384	-16.8%	0.320
3980	0.381	0.393	-19.0%	0.319
3970	0.387	0.333	-10.9%	0.297
3960	0.472	0.346	-7.0%	0.321
3950	0.456	0.656	-17.6%	0.541
3940	0.360	0.485	-10.1%	0.436
3930	0.360	0.366	10.2%	0.403
3920	0.361	0.326	7.7%	0.351
3910	0.513	0.399	-5.4%	0.377
3900	0.538	0.431	7.4%	0.462
3890	0.570	0.364	8.9%	0.397
3880	0.611	0.573	-0.1%	0.572
3870	0.696	0.670	8.8%	0.728
3860	0.648	0.531	2.3%	0.543
3850	0.646	0.496	0.6%	0.499
3840	0.522	0.365	44.6%	0.528
3830	0.620	0.362	39.1%	0.504
3820	0.656	0.479	34.8%	0.645
3810	0.626	0.512	-20.2%	0.409
3800	0.638	0.482	-4.9%	0.459
3790	0.603	0.397	3.4%	0.411
3780	0.936	0.978	-0.9%	0.970
3770	0.799	0.781	-2.0%	0.765
Total	0.537	0.447	4.1%	0.465

Fuente: Propia

Nivel	Global: Onzas (Oz)			
	Modelo Corto Plazo	Modelo Largo Plazo	Factores de reconciliación	Modelo Largo Pazo con factores
4050	48.2	4.3	-28.9%	3.1
4040	143.9	523.0	-77.5%	117.6
4030	733.5	896.6	-32.8%	602.9
4020	1,047.8	852.9	83.5%	1,564.7
4010	2,849.0	1,552.5	132.7%	3,612.4
4000	3,836.3	3,787.2	20.9%	4,578.5
3990	3,686.0	2,356.9	-22.6%	1,825.1
3980	3,241.0	2,726.4	-25.3%	2,037.6
3970	3,048.5	1,671.5	-1.9%	1,639.7
3960	2,607.4	1,209.9	-6.7%	1,129.4
3950	1,459.1	1,082.5	47.0%	1,591.2
3940	1,590.5	1,429.4	16.7%	1,667.9
3930	2,121.3	1,303.2	59.1%	2,073.5
3920	3,232.9	2,627.5	34.9%	3,545.5
3910	8,745.9	6,152.4	58.6%	9,756.4
3900	12,017.3	9,238.3	-4.2%	8,852.6
3890	11,571.2	6,454.9	223.5%	20,883.3
3880	13,064.0	10,043.8	27.0%	12,754.0
3870	11,375.7	10,002.4	18.5%	11,856.1
3860	10,444.6	8,149.0	-0.2%	8,134.0
3850	7,663.0	4,703.8	27.2%	5,981.1
3840	5,200.1	4,104.4	97.1%	8,089.0
3830	5,736.2	3,422.5	27.5%	4,362.4
3820	5,715.0	3,552.6	36.2%	4,838.1
3810	3,634.3	2,939.8	-31.0%	2,028.5
3800	1,756.2	730.2	10.3%	805.1
3790	763.1	624.4	3.0%	643.3
3780	648.5	715.8	29.3%	925.8
3770	329.6	342.8	-35.2%	222.0
Total	128,310	93,201	35.3%	126,121

Fuente: Propia